



**TUGAS AKHIR-RC-14-1501**

# **DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR APARTEMEN “THE ASPEN @ADMIRALTY” MENGGUNAKAN METODE FLAT SLAB**

**ANDRE BERNANDES**  
**NRP 3112 100 089**

**Dosen Pembimbing :**  
**Prof. Tavo., ST., MT., Ph. D.**  
**Dwi Prasetya., ST., MT., MS.c**

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**  
**Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2016**



---

**FINAL PROJECT RC-09 1501**

**STRUCTURE MODIFICATION DESIGN OF ‘THE  
ASPEN @ ADMIRALTY‘ APARTMENT USING FLAT  
SLAB METHOD**

**ANDRE BERNANDES  
NRP 3112 100 089**

**Dosen Pembimbing :  
Prof. Tavio., MT., Ph.D  
Dwi Prasetya., ST., MT., MS.c**

**DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
Faculty Of Civil Engineering and Planning  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
2016**

**DESAIN MODIFIKASI STRUKTUR APARTEMEN  
"THE ASPEN @ADMIRALTY" MENGGUNAKAN  
METODE FLAT SLAB**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Studi Struktur  
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:  
**ANDRE BERNANDES**  
NRP. 3112 100 089

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Prof. Tavio, ST., MT., Ph.D. (Pembimbing I)
2. Dwi Prasetya, ST., MT., MSc (Pembimbing II)



**SURABAYA  
JULI, 2016**

**ABSTRAK**  
**Desain Modifikasi Struktur Apartemen “THE ASPEN  
@ ADMIRALTY” menggunakan metode Flat Slab**  
**Andre Bernandes**  
**3112100089**

*Gedung Apartemen “The Aspen @Admiralty” direncanakan dibangun pada Zona Gempa menengah ( SNI 03-1726-2002 ) terletak di Jalan RS Fatmawati, Cilandak, Jakarta Selatan. Desain sesungguhnya dari apartemen ini adalah beton bertulang. Dalam tugas akhir ini, dilakukan beberapa modifikasi perencanaan. Perencanaan menggunakan struktur flat slab dengan dikombinasikan dengan shear wall yang berfungsi sebagai struktur penahan gaya lateral. Struktur atas yang lainnya pada gedung ini meliputi kolom, balok tepi, dan drop panel, sedangkan struktur bawah menggunakan pondasi tiang pancang serta T-beam sebagai penghubung.*

*Struktur flat slab digunakan secara luas pada bangunan gedung karena beberapa kelebihan dalam aspek struktural maupun arsitektural. Lantai yang didapatkan lebih luas dan tinggi, tidak perlu finishing dengan plafond, hemat biaya proyek karena mengurangi pemakaian beton dan bekisting untuk elemen balok. Disamping kelebihan tersebut, terdapat kelemahan yang mengakibatkan perilaku yang tidak ideal pada saat struktur menerima kombinasi beban gravitasi dan lateral. Kelemahan tersebut terdapat pada hubungan pelat-kolom, dimana tegangan lentur dan geser terakumulasi sebagai resultan dari beban gravitasi dan momen tak seimbang yang disebabkan oleh beban lateral seperti halnya gempa. Namun, kelemahan tersebut dapat ditanggulangi dengan adanya drop panel. Drop panel merupakan penebalan pelat di daerah kolom sebagai kekuatan geser penahan gaya geser geser geser yang cukup besar pada daerah hubungan pelat-kolom. Di daerah gempa potensial seperti halnya sebagian besar wilayah Indonesia, perilaku yang tidak ideal pada saat struktur*

*menerima kombinasi beban gravitasi dan lateral dapat ditahan oleh dinding geser (Shear Wall).*

*Dalam tugas akhir ini, secara keseluruhan direncanakan dengan Sistem Rangka Gedung (SRG) karena dikombinasikan dengan SPBL yaitu dinding structural. Sehubungan dengan itu, SNI 03-1726-2012 membatasi penggunaan struktur flat slab lebih spesifik, yaitu struktur diklasifikasikan sebagai SRPMM (Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah) dan jika digunakan sebagai sistem tunggal, maka kategori desain gempa yang sesuai adalah B dan C tidak dibatasi dan D, E dan F tidak diijinkan. Di samping itu, jika digunakan dengan dinding geser khusus, maka kategori desain gempa yang sesuai adalah B dan C tidak dibatasi, D dibatasi dengan tinggi maksimum 48m, dan E dan F dibatasi tinggi maksimum 30m.*

***Kata Kunci : Flat Slab, Shear Wall, Drop Panel***

**ABSTRAK**  
**Structure Modification Design of “THE ASPEN @  
ADMIRALTY” Apartment Using Flat Slab Method**  
**Andre Bernandes**  
**3112100089**

*“The Aspen @Admiralty “Apartment Building will be built in medium Earthquake Zones (SNI 03-1726-2002) is located in Jalan RS Fatmawati, Cilandak, South Jakarta. The actual design of the apartments are of reinforced concrete. In this final project, will do some modification design. The modification design using flat slab structure in combination with shear wall that serves as a lateral force resisting structure. The structure above the other in the building include columns, edge beams and drop panels, while the bottom structure using pile foundation and T-beam as a liaison.*

*Flat slab structure is widely used in buildings because some advantages in the aspects of structural and arsitektural. Floors were obtained broader and higher, finishing the ceiling is not necessary, cost-effective projects for reducing the use of concrete and formwork for beam elements. Besides these advantages, there are drawbacks that resulted in behavior which is not ideal when the structure receives a combination of gravity and lateral loads. The weaknesses found in relation plate-columns, where the bending stress and shear accumulate as resultant of gravity and moment loads do not draw caused by lateral loads such as earthquake. However, this weakness can be overcome by the drop panel. Drop panel is a thickening of the plate in the column as the shear strength of the shear force resisting puncher sizeable on the area plate-column relationship. In the area of potential earthquake as well as most parts of Indonesia, the behavior is not ideal when the structure receives a combination of gravity and lateral loads can be retained by a sliding wall (Shear Wall). In this thesis, the overall planned Building Frame System (SRG) for SPBL is combined with*

*structural walls. In connection with that, SNI 03-1726-2012 limit the use of more specific flat slab structure, namely the structure is classified as SRPMM (Intermediate Moment Frame System bearers), and when used as a single system, then the appropriate seismic design category B and C is not limited and D, E and F are not permitted. In addition, when used with a special sliding walls, then the appropriate seismic design category B and C is not restricted, D restricted to a maximum height of 48m, and E and F are restricted maximum height of 30m.*

***Kata Kunci : Flat Slab, Shear Wall, Drop Panel***

## DAFTAR ISI

Halaman Judul [Indonesia] .....	i
Halaman Judul [Inggris] .....	ii
Lembar Pengesahan .....	iii
Abstrak .....	iv
Abstract .....	vi
Kata Pengantar .....	vii
i	
Daftar Isi .....	x
Daftar Tabel .....	xiv
Daftar Gambar .....	xvi
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan .....	2
1.4 Batasan Masalah .....	3
1.5 Manfaat .....	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Umum .....	5
2.2 Desain Kapasitas.....	5
2.3 Peraturan Perancangan.....	6
2.4 Macam Pelat .....	6
2.5 Struktur Flat Slab .....	9
2.6 Keuntungan Flat Slab .....	10
2.7 Kekurangan Flat Slab.....	10
2.8 Dinding Struktural (Shear Wall).....	11
2.9 Shear Stud (Stud Rail ) .....	11
2.10 Jalur Pusat dan Jalur Tepi .....	13
2.11 Sistem Struktur .....	14
2.12 Sistem Rangka Gedung.....	15
2.13 Sistem Pembebanan .....	15



<b>BAB III METODOLOGI .....</b>	<b>25</b>
3.1 Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir .....	25
3.2 Pengumpulan Data .....	29
3.3 Data Tanah .....	30
3.4 Peraturan yang digunakan .....	30
3.5 Beban yang ditinjau .....	30
3.6 Preliminary Desain .....	30
3.7 Struktur Primer .....	30
3.7.1 Dimensi Pelat (Flat Slab) .....	30
3.7.2 Dimensi Drop Panel .....	32
3.7.3 Dimensi Balok Tepi .....	32
3.7.4 Dimensi Dinding Geser .....	32
3.7.5 Dimensi Kolom .....	33
3.8 Perencanaan Struktur Sekunder .....	33
3.8.1 Perencanaan Tangga .....	33
3.8.2 Penulangan Tangga dan Bordes .....	34
3.8.3 Perencanaan Lift .....	34
3.9 Pembebanan dan Analisa Gaya Gempa .....	34
3.9.1 Perhitungan Berat Struktur .....	35
3.9.2 Kompatibilitas Deformasi .....	35
3.10 Analisa Struktur .....	35
3.11 Pendetailan Elemen Struktur Atas .....	35
3.11.1 Penulangan Pelat (Flat Slab) .....	35
3.11.2 Penulangan Drop Panel .....	39
3.11.3 Penulangan Balok Tepi .....	39
3.11.4 Penulangan Dinding Geser .....	40
3.11.5 Penulangan Kolom .....	40
3.12 Pendetailan Elemen Struktur Bawah .....	41
3.12.1 Pondasi .....	41
3.12.2 Daya Dukung Tiang Grup .....	42
3.12.3 Perencanaan Poer .....	42
3.13 Gambar Rencana Struktur .....	42



6.2	Gempa Rencana .....	84
6.3	Pembebanan Gempa Dinamis .....	85
6.3.1	Arah Pembebanan .....	85
6.3.2	Parameter Respons Spektrum Rencana .....	86
6.3.3	Faktor Reduksi Gempa .....	87
6.3.4	Faktor Keutamaan (I) .....	87
6.4	Kontrol Desain.....	87
6.4.1	Kontrol Partisipasi Massa .....	88
6.4.2	Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental .....	90
6.4.3	Kontrol Pembebanan Manual dan SAP .....	92
6.4.4	Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum .....	92
6.4.5	Kontrol Batas Simpangan Antar Lantai ( <i>drift</i> ) .....	95
6.4.5	Kontrol Sistem Ganda .....	102

## **BAB VII PERENCANAAN STRUKTUR UTAMA .....103**

7.1	Umum .....	103
7.2	Perencanaan Balok Tepi .....	103
7.2.1	Data Perencanaan .....	103
7.2.2	Penulangan Lentur Balok Tepi Memanjang....	103
7.3	Perencanaan Pelat (Flat Slab) .....	119
7.3.1	Penulangan Pelat Jalur Kolom Arah x.....	121
7.3.2	Penulangan Pelat Jalur Tengah Arah x.....	125
7.3.3	Penulangan Pelat Jalur Kolom Arah y.....	129
7.3.4	Penulangan Pelat Jalur Tengah Arah y.....	133
7.3.5	Pemeriksaan Tebal Pelat Berdasarkan Syarat Gaya Geser .....	140
7.3.6	Pelimpahan Momen dan Gaya Geser pada pertemuan Pelat dan Kolom .....	148
7.4	Perencanaan Kolom .....	154
7.5	Perencanaan Dinding Struktural .....	160
7.5.1	Penulangan Geser Dinding Struktural .....	162
7.5	Perencanaan Drop Panel .....	168
7.5.1	Penulangan Drop Panel .....	168

<b>BAB VIII PERENCANAAN PONDASI .....</b>	<b>171</b>
8.1 Umum .....	171
8.2 Data Tanah.....	171
8.3 Kriteria Desain.....	171
8.3.1 Spesifikasi Tiang Pancang .....	171
8.4 Daya Dukung .....	172
8.4.1 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal .....	172
8.4.2 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok .....	173
8.4.3 Repartisi Beban di Atas Tiang Berkelompok .....	174
8.5 Perhitungan Tiang Pancang .....	174
8.5.1 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal .....	174
8.5.2 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok .....	180
8.5.3 Kontrol Beban Maksimum 1Tiang ( $P_{max}$ ) .....	181
8.5.4 Kontrol Kekuatan Tiang .....	182
8.5.5 Perencanaan Poer .....	183
8.5.6 Kontrol Balok Tinggi .....	190
8.6 Perencanaan Sloof .....	192
 <b>BAB XI PENUTUP .....</b>	 <b>195</b>
11.1 Kesimpulan .....	195
11.2 Saran .....	196
 <b>Daftar Pustaka .....</b>	 <b>xi</b>
<b>Lampiran</b>	
<b>Gambar Output</b>	

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Koefisien Situs Fa .....	17
<b>Tabel 2.2</b> Koefisien Situs Fv .....	17
<b>Tabel 4.1</b> Rekapitulasi Dimensi Balok Tepi .....	45
<b>Tabel 5.1</b> Spesifikasi C300 Passenger Elevator .....	69
<b>Tabel 6.1</b> Data Tinggi, Luas, dan Jumlah Kolom.....	83
<b>Tabel 6.2</b> Rasio Partisipasi Massa Apartemen .....	89
<b>Tabel 6.3</b> Periode dan Frekuensi Struktur .....	91

<b>Tabel 6.4</b> Pembebanan Menggunakan SAP 2000 .....	92
<b>Tabel 6.5</b> Reaksi Dasar Struktur .....	93
<b>Tabel 6.6</b> Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa .....	93
<b>Tabel 6.7</b> Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa setelah dikalikan Faktor Skala .....	94
<b>Tabel 6.8</b> Simpangan Antar Lantai yang terjadi Akibat Beban Gempa .....	97
<b>Tabel 6.9</b> Kontrol Simpangan Arah X Akibat Beban Gempa Arah X .....	98
<b>Tabel 6.10</b> Kontrol Simpangan Arah Y Akibat Beban Gempa Arah X .....	99
<b>Tabel 6.11</b> Kontrol Simpangan Arah X Akibat Beban Gempa Arah Y .....	100
<b>Tabel 6.12</b> Kontrol Simpangan Arah Y Akibat Beban Gempa Arah Y .....	101
<b>Tabel 6.13</b> Persentase Gaya Geser yang Mampu Dipikul Sistem Struktur .....	102
<b>Tabel 7.1</b> Momen Pelat Lantai Jalur Kolom Arah X .....	121
<b>Tabel 7.2</b> Momen Plat Lantai Jalur Tengah Arah X .....	125
<b>Tabel 7.3</b> Momen Plat Lantai Jalur Kolom Arah Y .....	129
<b>Tabel 7.4</b> Momen Plat Lantai Jalur Tengah Arah Y .....	133
<b>Tabel 7.5</b> Rekapitulasi Penulangan Plat Lantai .....	138
<b>Tabel 7.6</b> Nilai Vu dan Mu Kolom Interior .....	140
<b>Tabel 7.7</b> Nilai Vu dan Mu Kolom Eksterior .....	140
<b>Tabel 7.8</b> Hasil Gaya Dalam Kolom Lantai 1 .....	155
<b>Tabel 7.9</b> Beban Yang dipikul Shear Wall Lantai 1 .....	162
<b>Tabel 8.1</b> Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal .....	174

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Macam dan tipe Plat .....	8
<b>Gambar 2.2</b> Struktur Flat Slab.....	9
<b>Gambar 2.3</b> Stud Rail .....	13
<b>Gambar 2.4</b> Jalur Pusat dan Jalur Tepi.....	14
<b>Gambar 2.5</b> Spektrum Respon Desain.....	18
<b>Gambar 2.6</b> $S_s$ , $S_{s1}$ , Gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget ( $MCE_R$ ) .....	19
<b>Gambar 2.7</b> $S_{I1}$ , Gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget ( $MCE_R$ ) .....	20
<b>Gambar 2.8</b> PGA, Gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget ( $MCE_R$ ) .....	21
<b>Gambar 2.9</b> CRS, koefisien resiko terpetakan, periode respons spectral 0,2 detik. .....	22
<b>Gambar 2.10</b> CR1, koefisien resiko terpetakan, periode respons spectral 1 detik. .....	23
<b>Gambar 3.1</b> Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir.....	28
<b>Gambar 3.2</b> Tebal Plat Minimum Tanpa Balok .....	31
<b>Gambar 3.3</b> Tributary Area Kolom .....	33
<b>Gambar 3.4</b> Perpanjangan Minimum Tulangan Plat Tanpa Blok .....	37
<b>Gambar 4.1</b> Tebal Minimum Plat Tanpa Balok .....	46
<b>Gambar 4.2</b> Pendimensian Drop Panel.....	50
<b>Gambar 5.1</b> Perencanaan Tangga.....	55
<b>Gambar 5.2</b> Sketsa Beban Pada Tangga.....	56
<b>Gambar 5.3</b> Bidang (D) pada Tangga.....	59
<b>Gambar 5.4</b> Bidang (M) pada Tangga.....	59
<b>Gambar 5.5</b> Bidang (N) pada Tangga.....	60
<b>Gambar 5.6</b> Denah Lift.....	69

<b>Gambar 6.1</b> Denah Struktur Apartemen .....	81
<b>Gambar 6.2</b> Dimensi Struktur Apartemen .....	82
<b>Gambar 6.3</b> Peta untuk menentukan harga $S_s$ .....	84
<b>Gambar 6.4</b> Peta untuk menentukan harga $S_1$ .....	85
<b>Gambar 6.5</b> Hasil Analisa Struktur SAP 2000 .....	88
<b>Gambar 7.1</b> Penulangan Balok .....	118
<b>Gambar 7.2</b> Pembagian Column Strip dan Middle Strip Plat Lantai .....	119
<b>Gambar 7.3</b> Hasil Output Momen Strip Lantai .....	120
<b>Gambar 7.4</b> Letak Bidang Kritis Kolom Interior .....	141
<b>Gambar 7.5</b> Letak Bidang Kritis Kolom Eksterior .....	144
<b>Gambar 7.6</b> Distribusi Tegangan Geser .....	148
<b>Gambar 7.7</b> Potongan Rangka .....	154
<b>Gambar 7.8</b> Diagram Interaksi Aksil vs Momen Kolom .....	156
<b>Gambar 7.9</b> Denah Penempatan Shear Wall .....	161
<b>Gambar 7.10</b> Diagram Interaksi Shear Wall .....	161
<b>Gambar 8.1</b> Grafik Hubungan Tiang Pancang dan Kedalaman Tanah .....	179
<b>Gambar 8.2</b> Konfigurasi Rencana Tiang Pancang .....	181
<b>Gambar 8.3</b> Daerah Kritis Geser Satu Arah .....	187
<b>Gambar 8.4</b> Detail Sloof .....	192
<b>Gambar 8.5</b> Diagram Interaksi Balok Sloof .....	194

## **BAB 1**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1 LATAR BELAKANG**

Gedung yang dibangun menggunakan system rangka pemikul momen ( SRPM ) dengan balok dianggap lebih kuat dan aman. Namun, apabila ditinjau dari segi tinggi per lantai dan ekonomi masih memiliki kekurangan. Dintinjau dari segi tinggi per lantai, tinggi gedung sedikit berkurang dikarenakan finishing plafond (jika diperlukan) untuk menutup atap karena adanya balok. Finishing dilakukan untuk memperindah tampilan gedung. Dari segi ekonomi, beton yang diperlukan untuk membentuk struktur lebih banyak karena adanya balok jika dibandingkan dengan SRPM tanpa balok. Ditambah lagi biaya untuk keperluan bekisting balok.

Salah satu solusi yang digunakan untuk menutupi kekurangan SRPM dengan balok adalah penggunaan metode flat slab. Struktur flat slab merupakan struktur gedung tanpa menggunakan balok. Pada perencanaan bangunan tinggi yang tidak menggunakan balok, geseran merupakan pertimbangan kritis terutama pada bagian pertemuan antara pelat dan kolom. Apabila bagian pertemuan pada struktur tersebut tidak kuat, maka kolom-kolom penyangga pada pelat akan memberikan tekanan pons yang hendak menembus pelat ke atas. Hal ini, dapat menimbulkan tegangan geser yang besar pada area sekitar kolom dan mengakibatkan keruntuhan pons. Keunggulan dari flat slab jika dibandingkan dengan (SRPM) dengan balok adalah lantai yang didapatkan lebih luas dan tinggi, tidak perlu finishing dengan plafond, hemat biaya proyek karena mengurangi pemakaian beton dan bekisting untuk elemen balok.

Apartemen “ THE ASPEN @ ADMIRALTY “ yang terletak di jalan Cilandak, Jakarta Selatan, mempunyai 22 lantai ditambah 2 basement. Berdasarkan peta wilayah gempa di SNI 1726-2012, Jakarta termasuk dalam gempa tinggi. Fungsi utama gedung adalah untuk hunian, di lantai dasar sebagian digunakan



untuk kantor pemasaran dan pertokoan. Gedung Apartemen ini akan dirancang ulang dengan menggunakan metode flat slab. Dalam merencanakan flat slab, hal-hal yang harus diperhatikan yaitu perencanaan plat dengan drop panel, mengingat tidak adanya balok dalam struktur. Adanya drop panel bertujuan untuk menahan gaya geser pons yang tinggi di plat sekitar kolom. Selain itu untuk menahan momen negatif tumpuan karena tidak adanya balok. Pemasangan dinding geser ( Shear Wall ) juga harus diperhatikan, karena Lokasi Bangunan berada di zona gempa tinggi. Flat Slab dan Shear Wall diharapkan dapat menahan beban lateral akibat gempa.

## **1.2 RUMUSAN MASALAH**

Dalam merencanakan Apartemen “ THE ASPEN @ ADMIRALTY “ dengan metode flat slab, permasalahan yang timbul selama perencanaan yaitu :

1. Bagaimana merencanakan transfer beban pada struktur tanpa adanya balok ?
2. Bagaimana merencanakan dimensi pelat dengan drop panel menggunakan metode Flat Slab ?
3. Bagaimana merencanakan pondasi yang mampu mentransfer beban struktur ke tanah?
4. Bagaimana merencanakan struktur daktil yang mampu menahan beban gempa menengah ?
5. Bagaimana melakukan analisa struktur gedung yang dibangun dengan metode Flat Slab ?

## **1.3 TUJUAN**

Tujuan yang ingin dicapai dalam merencanakan ulang gedung ini dengan metode flat slab adalah :

1. Mengetahui transfer beban pada struktur dengan metode flat slab.
2. Mendapatkan dimensi plat dengan drop panel dan kolom dengan metode flat slab.

3. Mendapatkan dimensi pondasi yang mampu mentransfer beban struktur ke tanah.
4. Mampu mengetahui analisa struktur gedung yang dibangun dengan metode flat slab.
5. Mendapatkan perancangan struktur gedung yang daktil.

#### **1.4 BATASAN MASALAH**

Dalam Penyusunan Tugas Akhir ini permasalahan dibatasi dengan batasan-batasan sebagai berikut :

1. Struktur atas yang diperhitungkan adalah Flat slab, Kolom, Drop panel, dan shear wall.
2. Struktur sekunder yang diperhitungkan adalah struktur tangga dan lift.
3. Balok tepi/exterior tidak dihilangkan.
4. Tidak memperhitungkan RAB.
5. Tidak meninjau metode konstruksi

#### **1.5 MANFAAT**

Manfaat dari penyusunan Tugas Akhir ini diterapkan adalah sebagai berikut :

1. Dapat dijadikan alternatif desain struktur gedung bertingkat.
2. Perencana dapat memaksimalkan tinggi bebas bangunan.
3. Tugas Akhir ini diharapkan dapat menjadi acuan untuk mensosialisasikan cara merencanakan flat slab, drop panel dan shear wall yang benar sesuai dengan peraturan-peraturan yang berlaku saat ini maupun yang baru untuk tenaga-tenaga ahli lainnya.

**“ Halaman ini sengaja dikosongkan “**

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Umum**

Perencanaan bangunan tahan gempa ialah bangunan yang dirancang untuk tahan dan tetap berdiri ketika terjadi gempa yang besar walaupun nantinya sedikit terdapat kerusakan pada beberapa bagian bangunan sesuai falsafah perencanaan gedung tahan gempa. Perencanaan suatu struktur gedung pada daerah gempa haruslah memenuhi falsafah perencanaan gedung tahan gempa, yaitu:

- Bangunan dapat menahan gempa bumi kecil atau ringan tanpa mengalami kerusakan.
- Bangunan dapat menahan gempa bumi sedang tanpa kerusakan yang berarti pada struktur utama walaupun ada kerusakan pada struktur sekunder.
- Bangunan dapat menahan gempa bumi kuat tanpa mengalami keruntuhan total bangunan, walaupun bagian struktur utama sudah mengalami kerusakan (Teruna,2007).

#### **2.2 Desain Kapasitas**

Dalam ulasan Indarto (2005), disebutkan bahwa untuk mendapatkan sistem struktur yang daktail, disarankan untuk merencanakan struktur bangunan dengan menggunakan cara Perencanaan Kapasitas. Pada prosedur Perencanaan Kapasitas ini, elemen-elemen dari struktur bangunan yang akan memancarkan energi gempa melalui mekanisme perubahan bentuk atau deformasi plastis, dapat terlebih dahulu dipilih dan ditentukan tempatnya, sedangkan elemen-elemen lainnya direncanakan dengan kekuatan yang lebih besar untuk menghindari terjadinya kerusakan.

Pada struktur beton bertulang, tempat-tempat terjadinya deformasi plastis yaitu tempat-tempat dimana penulangan mengalami pelelehan, disebut daerah sendi plastis. Karena sendi-sendi plastis yang terbentuk pada struktur portal akibat

dilampauinya beban gempa rencana dapat diatur tempatnya, maka mekanisme kerusakan yang terjadi tidak akan mengakibatkan keruntuhan dari struktur bangunan secara keseluruhan.

### 2.3 Peraturan Perancangan

Desain ini dilakukan sesuai dengan peraturan perancangan, yaitu :

1. Badan Standarisasi Nasional. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung ( SNI 03-1726-2012 ).
2. Badan Standarisasi Nasional. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung ( SNI 03-2847-2013 ).
3. Badan Standarisasi Nasional. Tata Cara Perhitungan Pembebanan Untuk Bangunan Gedung ( SNI 03-1727-2013 ).

### 2.4 Macam Pelat

Pada umumnya pelat diklasifikasikan dalam pelat satu-arah atau pelat dua-arah. Pelat yang berdefleksi secara dominan dalam satu arah disebut pelat satu-arah. Jika Pelat dipikul oleh kolom yang disusun berbaris sehingga pelat dapat berdefleksi dalam dua-arah, pelat disebut pelat dua-arah. Pelat dua arah merupakan panel-panel beton bertulang yang perbandingan antara panjang dan lebarnya lebih kecil dari 2 ( dua ). Pelat dua-arah dapat diperkuat dengan menambahkan balok di antara kolom dengan mempertebal pelat disekeliling kolom ( *drop panel* ), dan dengan penebalan kolom dibawah pelat ( kepala kolom ).

Pelat datar ( *Flat Slab* ) adalah pelat beton pejal dengan tebal merata yang mentransfer beban secara langsung ke kolom pendukung tanpa bantuan balok atau kepala kolom atau *drop panel*. *Flat Slab* dapat dibuat dengan cepat karena bekisting dan susunan tulangan yang sederhana. Pelat ini memerlukan tinggi lantai terkecil untuk memberikan persyaratan tinggi ruangan dalam memberikan fleksibilitas terbaik dalam susunan kolom dan

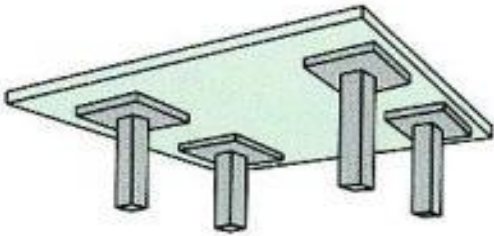
partisi. Pelat ini juga memberikan sedikit penghalang untuk pencahayaan dan ketahanan terhadap api yang tinggi karena hanya ada sedikit sudut-sudut tajam dimana pengelupasan beton dapat terjadi. *Flate plate* mungkin meruakan system pelat yang paling umum dipakai saat ini untuk hotel beton bertulang bertingkat banyak, motel, apartemen, dan asrama. Pelat datar kemungkinan memunculkan masalah dalam transfer geser di sekeliling kolom. Dengan kata lain, ada bahaya dimana kolom akan menembus pelat ( *pons* ). Oleh karena itu, sering kali perlu memperbesar dimensi kolom atau ketebalan pelat atau menggunakan shear head. Pelat slab atau flat slab termasuk pelat beton dua-arah dengan capital, drop panel, atau keduanya.

Pelat ini sangat sesuai untuk beban berat dan bentang panjang. Meskipun bekisting lebih mahal dibandingkan pelat datar ( *flat plate* ), *flat slab* akan memerlukan beton dan tulangan yang lebih sedikit dibandingkan untuk pelat datar *flate plate* untuk beban dan bentang yang sama. *Flat Slab* biasanya ekonomis untuk bangunan gedung, parkir dan pabrik dan bangunan sejenis dimana drop panel atau kepala kolom yang terbuka diizinkan. Pelat dua-arah dengan balok, sistem lantai seperti ini digunakan karena lebih murah dibandingkan dengan *flat slab* atau *flat plate*. Dengan kata lain, jika beban atau bentang atau keduanya sangat besar, ketebalan pelat atau ukuran kolom yang diperlukan untuk flat plate dan flat slab akan menjadi lebih besar dan lebih ekonomis jika digunakan pelat dua-arah dengan balok, meskipun biaya bekisting lebih mahal.

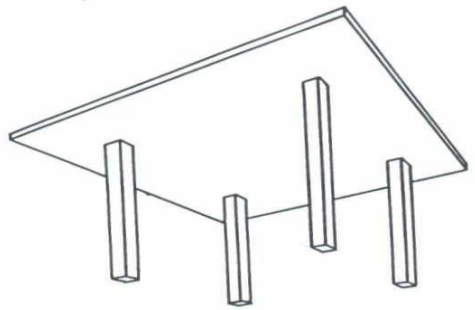
*Waffle slab*, sistem lantai ini dibuat dengan menyusun *fiberglass* persegi atau cetakan logam dengan sisi-sisi mengecil dan jarak diantaranya, ketika beton dicor di dalam dan diantara cetakan akan berbentuk waffle. Jarak antar cetakan akan membentuk web balok. Web ini agak tinggi dan memberikan lengan momen besar untuk tulangan. Dengan *waffle slab*, berat beton akan sangat tereduksi tanpa banyak merubah tahanan momen dari sistem lantai. Seperti halnya dalam *flat plate*, geser

dapat menjadi masalah dekat kolom. Akibatnya, lantai waffle dibuat solid didekat kolom untuk meningkatkan tahanan geser (McCormac, 2004 ).

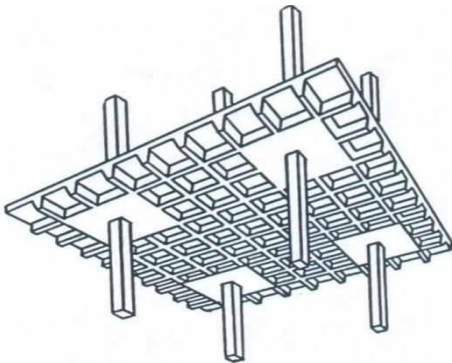
Berikut gambar dari macam-macam tipe pelat :



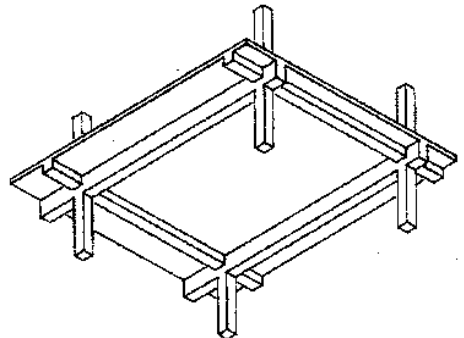
a) Flat Slab



b) Flat Plate



c) Waffle Slab



d) Two-way Slab

**Gambar 2.1** Macam dan tipe pelat (Sumber :MacGregor, 1997)

## 2.5 Struktur Flat Slab

*Flat Slab* berbeda dengan flat plate dalam hal bahwa lantai flat slab mempunyai kekuatan yang cukup dengan adanya salah satu atau kedua hal berikut :

- *Drop panel* berfungsi untuk mengurangi momen negatif di daerah joint pada pelat, meningkatkan kekakuan di pelat yang akan memperkecil deformasi yang terjadi akibat pembebanan (ACI 318-11). *Drop panel* juga digunakan untuk menebalkan pelat di sekitar kolom (local thickening) pada struktur *flat slab* di mana *drop panel* memberikan kekuatan geser yang cukup memadai untuk menghindari punching shear (Sathawane dan Deothale, 2012).
- Kepala kolom ( *column capital* ) yaitu pelebaran mengecil dari ujung kolom atas. Tujuan dari kepala kolom adalah mendapatkan pertambahan keliling sekitar kolom untuk memindahkan geser dari beban lantai dan untuk menambah tebal dengan berkurangnya perimeter di dekat kolom ( Wang dan Salmon, 1992 ).



**Gambar 2.2** Struktur Flat Slab  
(Sumber : FEMA 356)



*Flat slab* sangat ekonomis penggunaannya untuk bentang 15-20 ft (4,5-6 m). Untuk memperkuat pelat terhadap gaya geser, pons dan lentur, bagian-bagian kritis pelat yaitu di sekitar kolom penumpu, perlu dipertebal, sistem ini disebut dengan pelat slab (*flat slab*). Bagian penebalan pada sistem *flat slab* disebut *drop panel*, sedangkan untuk penebalan yang berbentuk kepala kolom disebut *column capital*. *Flat slab* digunakan untuk kisaran bentang 20-30 ft atau sekitar 6-9 m (MacGregor, 1997).

## 2.6 Keuntungan *Flat Slab*

Beberapa keuntungan yang dapat diperoleh dari penggunaan system *Flat Slab* pada gedung-gedung bertingkat, antara lain :

1. Dapat dibuat dengan cepat karena bekisting dan susunan tulangan yang sederhana
2. Ketinggian gedung bertingkat berkurang karena lantai yang tipis, langit-langit yang rata permukaannya merupakan faktor yang mempengaruhi ekonomi secara keseluruhan
3. Jendela-jendela dapat dibuat sampai sisi bawah pelat, dan tidak ada balok-balok yang menghalangi cahaya dan sirkulasi udara
4. Tidak adanya sudut yang tajam memberikan ketahanan dalam kebakaran yang lebih besar karena bahaya pengelupasan beton dan menganganya tulangan dapat berkurang.

## 2.7 Kekurangan *Flat Slab*

Dari beberapa keuntungan diatas, *Flat Slab* memiliki berbagai kekurangan yang akan fatal akibatnya terhadap suatu struktur atau bahkan dapat mengakibatkan keruntuhan apabila diabaikan, antara lain :

1. Fenomena *punching shear* yang terjadi akibat transfer gaya geser dan momen tak-imbang antara pelat dan kolom bila menerima beban siklik lateral (Robertson dkk, 2002; Hueste dkk, 2007).

2. Tanpa adanya balok-balok disepanjang garis kolom, maka kemampuan menahan beban menjadi berkurang (Sumber : Wang, 1989).

Berdasarkan kelemahan yang dimiliki struktur flat slab, maka SNI 03-1726-2012 membatasi penggunaan struktur flat slab lebih spesifik, yaitu struktur diklasifikasikan sebagai SRPMM (Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah) dan jika digunakan sebagai sistem tunggal, maka kategori desain gempa yang sesuai adalah B dan C tidak dibatasi dan D, E dan F tidak diijinkan. Di samping itu, jika digunakan dengan dinding geser khusus, maka kategori desain gempa yang sesuai adalah B dan C tidak dibatasi, D dibatasi dengan tinggi maksimum 48m, dan E dan F dibatasi tinggi maksimum 30m

## 2.8 Dinding Struktur Beton Bertulang ( Shear Wall )

Dinding geser merupakan elemen struktural yang berfungsi sebagai penahan gaya-gaya lateral bangunan, dimana gaya-gaya lateral yang bekerja merupakan gaya-gaya horizontal yang bekerja pada diafragma dinding geser. (Zuhri, 2011). Jenis dinding geser biasanya dikategorikan berdasarkan geometrinya :

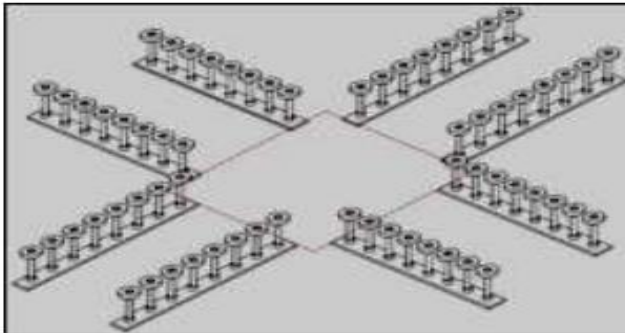
1. *Flexural Wall* (dinding langsing), yaitu dinding geser yang memiliki rasio  $h_w/l_w \geq 2$ , dimana desain dikontrol oleh perilaku lentur.
2. *Squat Wall* (dinding pendek), yaitu dinding geser yang memiliki rasio  $h_w/l_w \leq 2$ , dimana desain dikontrol oleh perilaku geser.
3. *Coupled Shear Wall* (dinding berangkai), dimana momen guling yang terjadi akibat beban gempa ditahan oleh sepasang dinding, yang dihubungkan oleh balok-balok perangkai sebagai gaya-gaya tarik dan tekan yang bekerja pada masing-masing dasar pasangan dinding tersebut.

Beberapa kelebihan struktur dinding dapat diketahui berdasarkan fungsi yang diperankan. Beberapa keuntungan struktur dinding tersebut sebagai berikut : (Pawirodikromo, 2012)

1. Struktur dinding pada umumnya mempunyai kekuatan yang cukup besar sehingga dapat menahan beban horizontal yang cukup. Kadang-kadang direncanakan seluruh beban horizontal dibebankan pada struktur dinding. Agar walls dapat mengerahkan kekuatannya secara maksimal, maka walls harus stabil, misalnya selain walls harus cukup tebal juga dapat dipakai barbell wall.
2. Di samping mempunyai kekuatan yang cukup besar, struktur dinding umumnya sangat kaku dibanding dengan kolom, sehingga struktur ini memberikan kekakuan tambahan terhadap struktur secara keseluruhan. Kekakuan yang cukup diharapkan dapat mengendalikan simpangan yang terjadi.
3. Kekakuan struktur dinding juga mempunyai keuntungan yang lain yaitu kemampuannya dalam melindungi tingkat yang relatif lemah (*soft story*). *Soft story* yang sering dijumpai misalnya adanya tinggi tingkat yang melebihi tinggi tingkat tipikal.
4. Struktur dinding dapat mengeliminasi simpangan antar tingkat khususnya pada tingkat-tingkat bawah sampai tengah. Dengan perkataan lain, pengendalian simpangan pada daerah ini akan dilakukan secara efektif oleh struktur dinding.

## 2.9 Shear Stud ( Stud Rail )

*Shear Stud* yang dirangkai dalam bentuk stud rail, kebanyakan digunakan dalam konfigurasi orthogonal dan sirkular ( Broms, 2007 ). Dengan menggunakan stud rail, tegangan geser pada hubungan pelat-kolom akan diperkuat oleh shear stud, sementara penampang kritis akan melebar ke luar pada jarak yang diasumsikan sejauh  $d/2$  dari ujung luar stud rail.

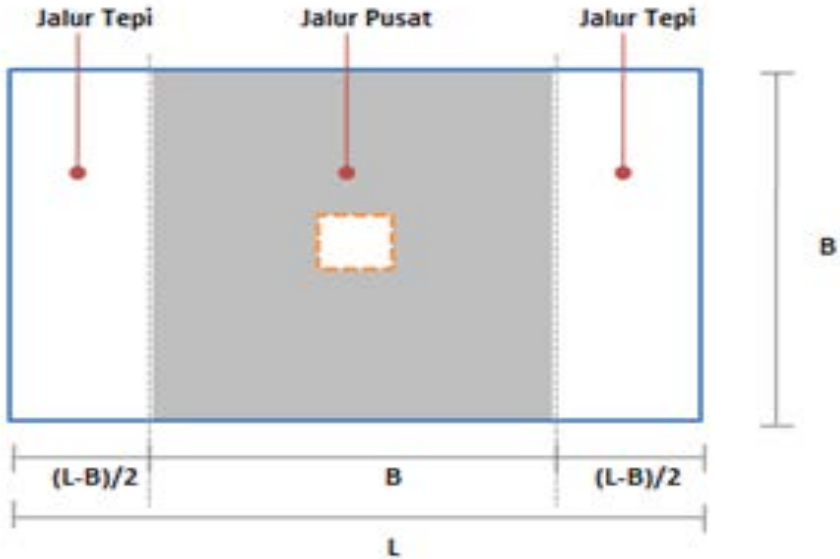


**Gambar 2.3** *Stud Rail ( Shear Stud )*

### 2.10 Jalur Pusat dan Jalur Tepi

Pelat dua arah melentur dengan bentuk permukaan seperti mangkuk jika dibebani dalam dua arah. Oleh karena itu, pelat ini harus ditulangi dalam kedua arah dengan tulangan berlapis tegak lurus satu dengan lainnya. Jalur kolom adalah pelat dengan lebar di setiap sisi garis tengah kolom sama dengan  $\frac{1}{4}$  dimensi panel terkecil  $\ell_1$  atau  $\ell_2$ . Jalur tengah adalah bagian pelat diantara dua jalur kolom.

Bagian dari momen yang diterima jalur kolom dan jalur tengah diasumsikan tersebar merata pada seluruh jalur. Persentase momen yang dipikul oleh jalur kolom tergantung pada kekakuan efektif dari jalur kolom dan pada *aspect ratio*  $\ell_1/\ell_2$  (dengan  $\ell_1$  adalah panjang bentang pusat ke pusat, dari tumpuan-tumpuannya dalam arah momen yang ditinjau dan  $\ell_2$  adalah panjang bentang pusat ke pusat, dari tumpuan-tumpuannya dalam arah tegak lurus terhadap  $\ell_1$ ). Dapat dilihat pada Gambar 2.4.



**Gambar 2.4** Jalur Pusat dan Jalur Tepi (Sumber : James G. MacGregor, 1997)

## 2.11 Sistem Struktur

Sistem struktur yang digunakan harus memperhatikan factor daya tahan terhadap gempa sesuai dengan SNI 03-1726-2012. Pembagian system struktur menurut sifat sifat tanah pada situs dibagi sebagai berikut :

1. Situs SA dan SB ( Resiko Gempa Rendah ). Desain menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Biasa ( SRPMB ) dan dinding struktur beton biasa.
2. Situs SC dan SD ( Resiko Gempa Sedang ). Desain Menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah ( SRPMM ) dan Sistem Dinding Struktur Biasa ( SDSB ) dengan beton tanpa detailing khusus.
3. Situs SE dan SF ( Resiko Gempa Tinggi ). Desain menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Khusus (

SRPMK ) dan Sistem Dinding Struktur Khusus ( SDSK ) dan beton khusus.

## **2.12 Sistem Rangka Gedung ( SRG )**

Sistem perancangan struktur yang akan dipakai dalam modifikasi ini adalah system rangka gedung ( SRG ) berdasarkan tata cara SNI 03-1726-2012. SRG adalah sistem struktur dengan rangka ruang pemikul beban gravitasi secara lengkap, sedangkan beban lateral yang diakibatkan oleh gempa dipikul dinding geser ataupun oleh rangka bresing. Dinding geser yang digunakan dalam modifikasi ini adalah dinding struktur khusus yang sesuai dengan kategori desain seismic D, E, F ( SNI 03-1726-2012 pasal 7.2.1 ). Ketentuan dinding struktur khusus dijelaskan dalam SNI 03-2847-2013 pasal 21.9.

## **2.13 Pembebanan**

Dalam penyusunan tugas akhir ini, pembebanan mengacu pada SNI 03-1727-2013 dan SNI 03-1726-2012. Pembebanan tersebut antara lain :

- **Beban Mati**  
Beban mati adalah berat seluruh bahan konstruksi bangunan gedung yang terpasang, termasuk dinding, lantai, atap, tangga, dinding partisi atap, finishing, kulit bangunan gedung dan komponen arsitektural dan structural lainnya serta peralatan layan terpasang lainnya termasuk berat keran ( SNI 03-1727-2013 ).
- **Beban Hidup**  
Beban yang diakibatkan oleh pengguna dan penghuni bangunan gedung atau struktur lain yang tidak termasuk beban konstruksi dan beban lingkungan, seperti beban angin, beban hujan, beban gempa, beban banjir, atau beban mati ( SNI 03-1727-2013 ).
- **Beban Angin**  
Bangunan gedung dan struktur lain, termasuk Sistem Penahan Beban Angin Utama ( SPBAU ) serta seluruh

komponen dan kulit bangunan gedung, harus dirancang dan dilaksanakan untuk menahan beban angin seperti yang ditetapkan dalam pasal ini ( SNI 03-1727-2013).

- **Beban Gempa**

Struktur bangunan gedung dan non gedung harus dirancang menggunakan kombinasi pembebanan. Struktur, komponen-komponen struktur dan elemen-elemen fondasi harus dirancang sedemikian hingga kuat rencananya sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor dengan kombinasi-kombinasi yang terdapat pada SNI 03-1727-2012 pasal 4.2.2.

Dalam parameter  $S_s$  ( percepatan batuan dasar pada periode pendek ) dan  $S_1$  ( percepatan batuan dasar pada periode 1 detik ) harus ditetapkan masing-masing dari respon spectral percepatan 0,2 detik dan 1 detik dalam Peta Gerak Tanah Seismik dengan kemungkinan 2% ( persen ) terlampaui dalam 50 tahun ( MCE, 2 persen dan 50 tahun ), dan dinyatakan dalam bilangan decimal terhadap percepatan gravitasi ( SNI 03-1726-2012 pasal 6.1.1 ).

Berdasarkan sifat-sifat tanah pada situs, maka situs harus diklasifikasikan sebagai kelas situs  $S_A$ ,  $S_B$ ,  $S_C$ ,  $S_D$ ,  $S_E$ , atau  $S_F$  yang mengikuti pasal 5.3 SNI 03-1726-2012. Bila sifat-sifat tanah tidak teridentifikasi secara jelas sehingga tidak bisa ditentukan kelas situs, maka kelas situs  $S_E$  dapat digunakan kecuali jika pemerintah/dinas yang berwenang memiliki data geoteknik yang dapat menentukan kelas situs  $S_F$  ( SNI 03-1726-2012 pasal 6.1.2 ).

Untuk menentukan respon spectral percepatan gempa MCEr di permukaan tanah, diperlukan suatu factor amplifikasi seismic pada periode 0,2 detik dan periode 1 detik. Faktor amplifikasi meliputi factor amplifikasi getaran terkait percepatan pada getaran periode pendek ( $F_a$ ) dan factor amplifikasi terkait percepatan yang mewakili getaran periode 1 detik ( $F_v$ ). Parameter spectrum respon percepatan pada periode pendek ( SMS ) dan periode 1 detik (  $SM_1$  ) yang disesuaikan dengan pengaruh

klasifikasi situs, harus ditentukan dengan perumusan pada SNI 03-1726-2012 pasal 6.2. Koefisien situs  $F_a$  dan  $F_v$  mengikuti Tabel 2.1 dan Tabel 2.1.

**Tabel 2.1** Koefisien situs,  $F_a$

Kelas Situs	Parameter respons spectral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada perioda pendek, $T = 0,2$ detik, $S_s$				
	$S_s \leq 0,25$	$S_s = 0,5$	$S_s = 0,75$	$S_s = 1,0$	$S_s \geq 1,25$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0
SD	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
SE	2,5	1,7	1,2	0,9	0,9
SF	$SS^b$				

Catatan :

- Untuk nilai-nilai antara  $S_s$  dapat dilakukan interpolasi linier.
- $S_s$  = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifikasi dan analisis respons situs-spesifik, lihat SNI 03-1726-2012 pasal 6.10.1.

**Tabel 2.2** Koefisien situs,  $F_v$

Kelas Situs	Parameter respons spectral percepatan gempa ( $MCE_R$ ) terpetakan pada perioda 1 detik, $S_1$				
	$S_1 \leq 0,1$	$S_1 = 0,2$	$S_1 = 0,3$	$S_1 = 0,4$	$S_1 \geq 0,5$
SA	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
SB	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
SC	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3
SD	2,4	2	1,8	1,6	1,5
SE	3,5	3,2	2,8	2,4	2,4
SF	$SS^b$				

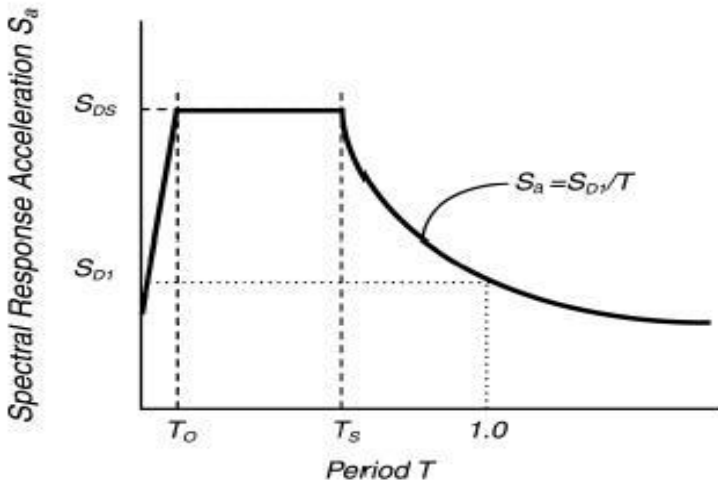


Catatan :

- a) Untuk nilai-nilai antara  $S_1$  dapat dilakukan interpolasi linier.
- b)  $S_s$  = Situs yang memerlukan investigasi geoteknik spesifikasi dan analisis respons situs-spesifik, lihat SNI 03-1726-2012 pasal 6.10.1.

Parameter percepatan spectral desain untuk perioda pendek, SDS dan pada perioda 1 detik, SD1, ditentukan sesuai SNI 03-1726-2012 pasal 6.3.

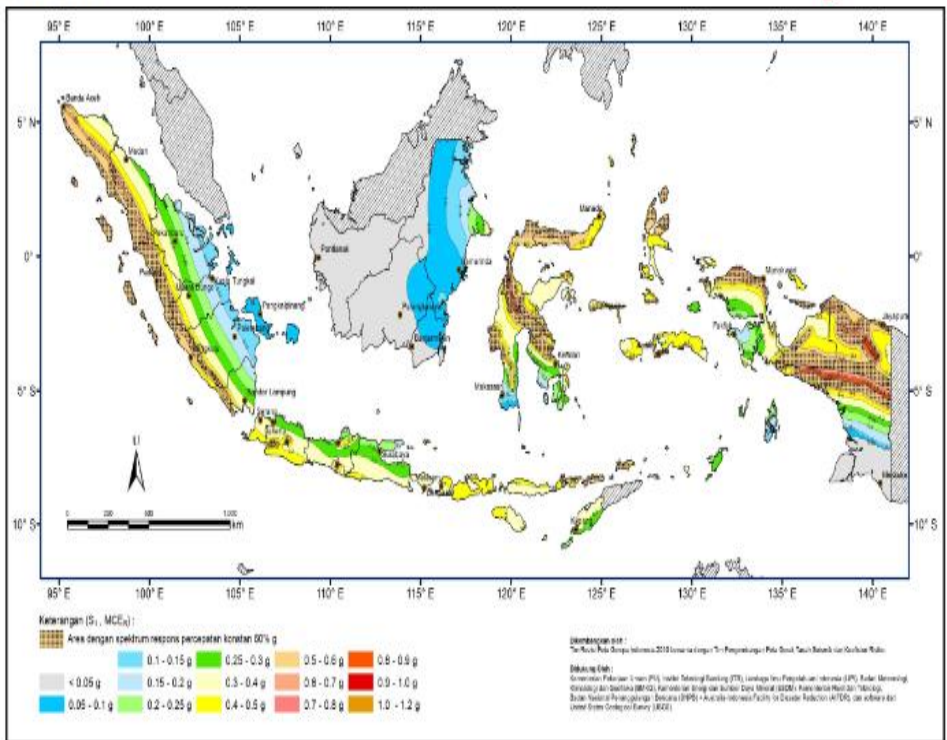
Bila respons spectrum desain diperlukan oleh tata cara ini dan prosedur gerak tanah dari spesifik-situs tidak digunakan, maka kurva spectrum respons desain harus dikembangkan dengan mengacu pada **Gambar 2.5** dan mengikuti ketentuan sesuai peraturan SNI 03-1726-2012 pasal 6.4.



**Gambar 2.5** Spektrum Respons Desain

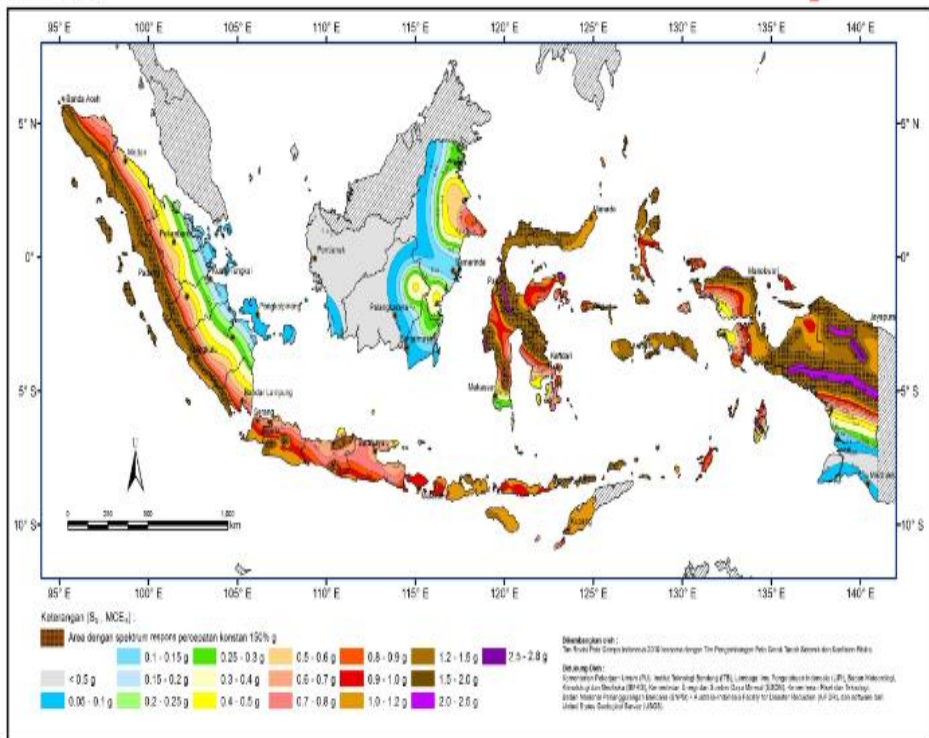
Peta-peta gerak tanah seismic dan koefisien resiko dari gempa maksimum ( *Maximum Considered Earthquake*, MCE ) yang ditunjukkan pada gambar 2.6 sampai dengan 2.10 diperlukan untuk menerapkan ketentuan-ketentuan beban gempa dalam standar SNI 03-1726-2012.

**SNI 1726:2012**



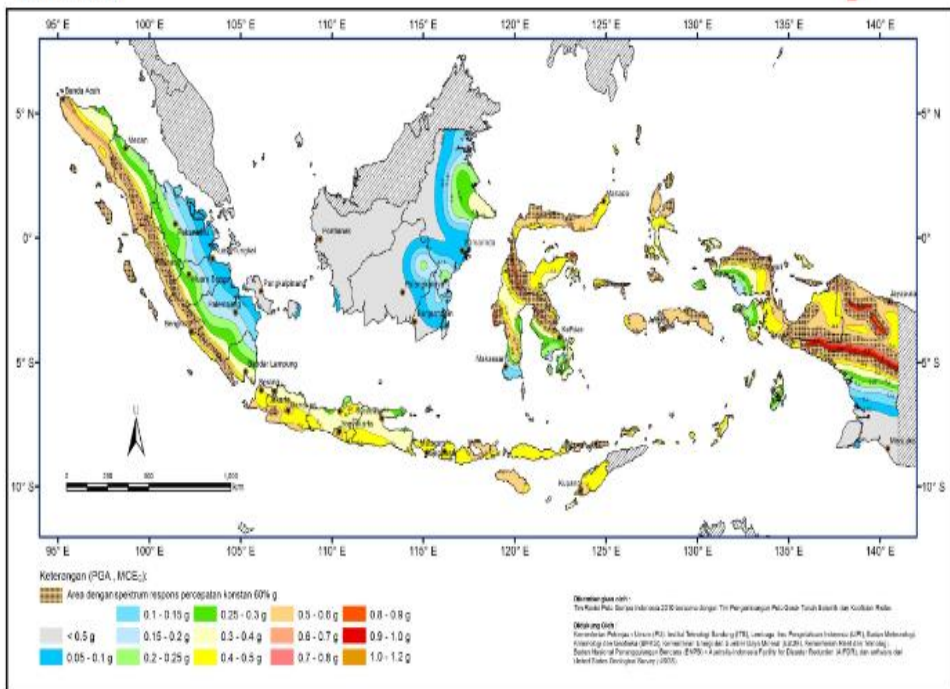
**Gambar 2.6**  $S_s$ , Gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget ( $MCE_R$ )

**SNI 1726:2012**

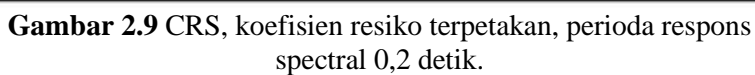


**Gambar 2.7**  $S_1$ , Gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget (  $MCE_R$  )

SNI 1726:2012

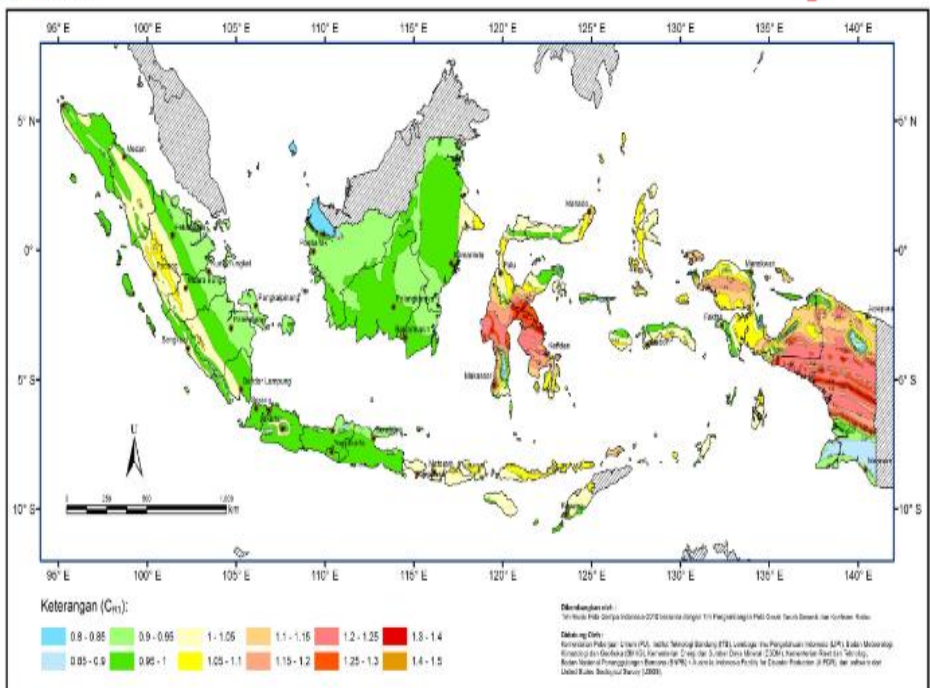


**Gambar 2.8** PGA, Gempa maksimum yang dipertimbangkan resiko tertarget (  $MCE_R$  )



**Gambar 2.9** CRS, koefisien resiko terpetakan, periode respons spectral 0,2 detik.

SNI 1726:2012



**Gambar 2.10** CR1, koefisien resiko terpetakan, perioda respons spectral 1 detik.

**“ Halaman ini sengaja dikosongkan “**

## **BAB III METODOLOGI**

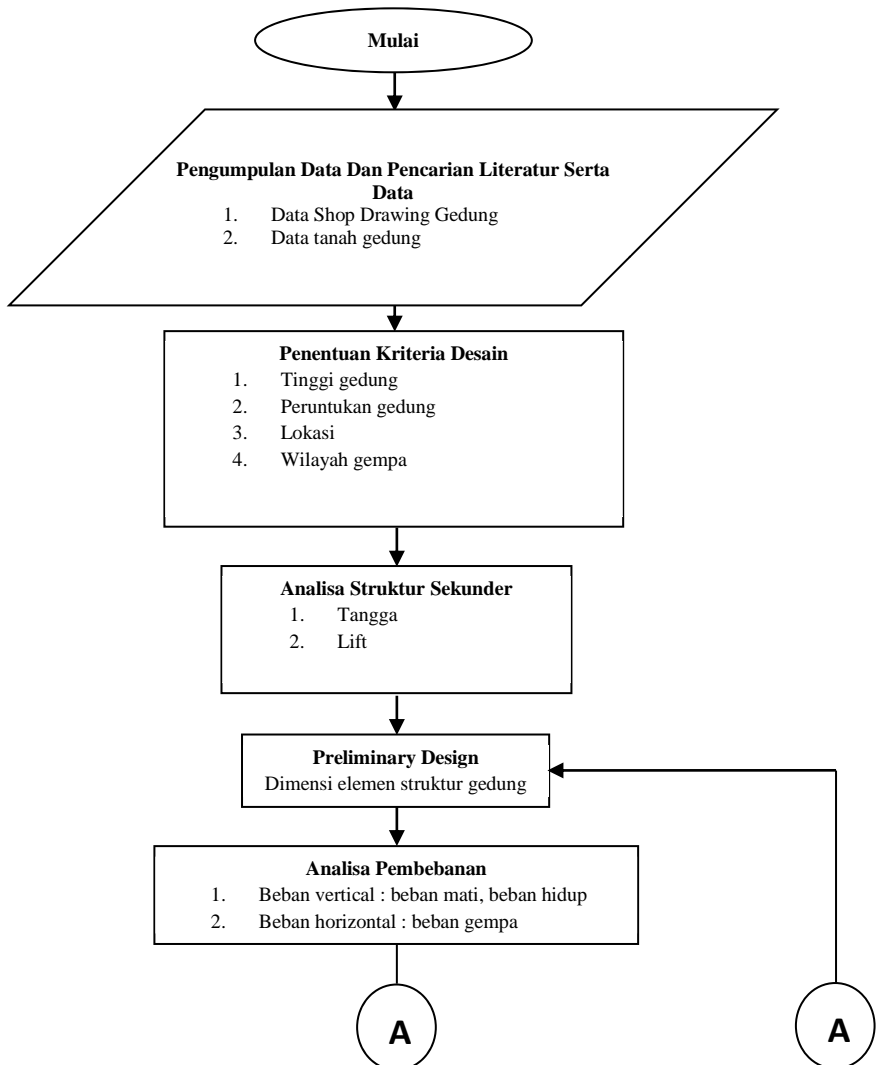
### **3.1 Bagan Alir Penyelesaian Proposal Tugas Akhir**

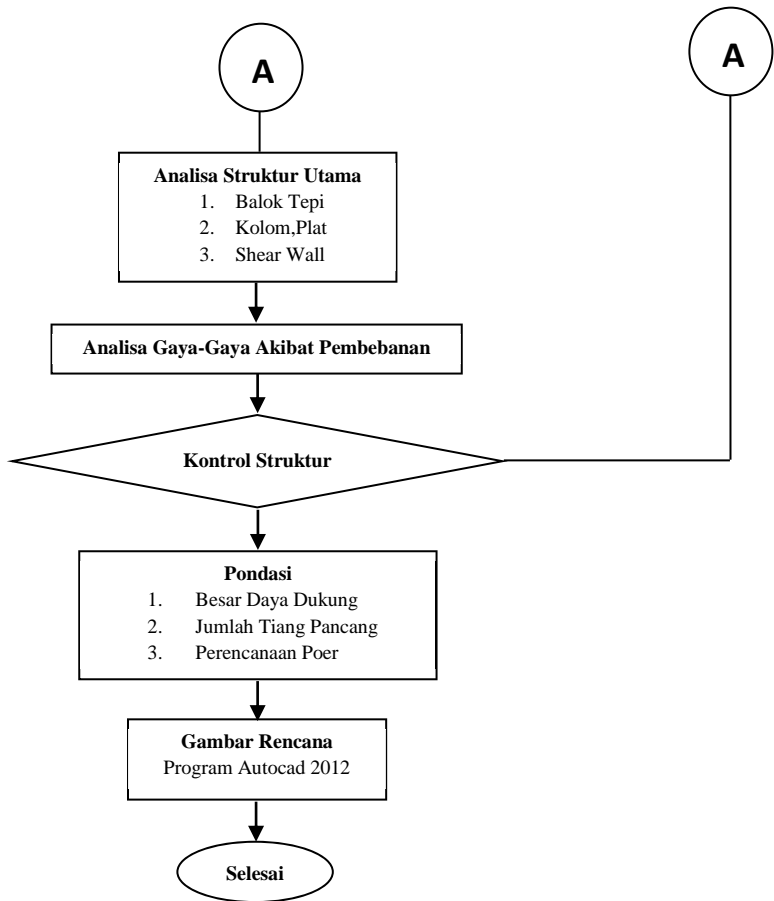
Tahapan atau metode yang akan digunakan dalam perancangan gedung ini adalah :

1. Mengumpulkan dan mempelajari literatur yang berkaitan dengan perancangan. Mengumpulkan data lapangan yang akan digunakan sebagai data dalam obyek perancangan. Data lapangan tersebut antara lain yaitu data gedung yang akan digunakan sebagai obyek perancangan dan juga data tanah yang ada pada lokasi gedung itu dibangun.
2. Penentuan kriteria desain yaitu penentuan gedung sebagai obyek perancangan, tinggi gedung, peruntukan gedung dan lokasi dibangunnya gedung tersebut beserta wilayah gempunya.
3. Analisa struktur sekunder meliputi :
  - a. Tangga
  - b. Balok lift
4. Preliminary design merupakan awal dari perancangan. Pada preliminary design ini kita menentukan dimensi elemen struktur gedung untuk digunakan dalam tahap perancangan selanjutnya.
5. Analisa pembebanan meliputi beban horizontal dan beban vertikal. Adapun macam pembebanan :
  - a. Beban vertikal :
    - beban mati
    - beban hidup
  - b. Beban horizontal :
    - beban gempa
6. Analisa struktur utama meliputi :
  - a. Balok Tepi
  - b. Kolom
  - c. Dinding structural
  - d. Flat Slab



7. Analisa gaya-gaya akibat pembebanan menggunakan software SAP 2000 v.17.
8. Perencanaan pondasi pada gedung meliputi :
  - a. Besar daya dukung
  - b. Jumlah tiang pancang
  - c. Perencanaan poer
  - d. Perencanaan balok sloof
9. Hasil dari analisa akan dituangkan dalam gambar rencana. Dalam penggambaran ini menggunakan program autocad 2012.





**Gambar 3.1** Bagan Alir Penyelesaian Tugas Akhir

### 3.2 Pengumpulan Data

Data-data perencanaan secara keseluruhan mencakup data umum bangunan, data bahan dan data tanah.

#### **Data-data bangunan sebelum dimodifikasi :**

1. Nama Bangunan : Apartemen “The Aspen @ Admiralty”
2. Lokasi : Jl. RS Fatmawati, Cilandak, Jakarta Selatan
3. Fungsi Bangunan : Hunian ( Apartemen )
4. Jumlah Lantai : 22 Lantai ( 2 basement )
5. Tinggi Bangunan : 69,75 m
6. Tinggi per Lantai : 3.3325 m
7. Wilayah Gempa : 3 ( SNI 03-1726-2002 )
8. Mutu Beton (  $f'_c$  ) : 35 Mpa
9. Mutu Tulangan (  $f_y$  ) : 400 Mpa
10. Struktur Bangunan : Beton Bertulang

#### **Data-data bangunan sesudah dimodifikasi :**

1. Nama Bangunan : Apartemen “ The Aspen @ Admiralty”
2. Lokasi : Jl. HR Rasuna Said
3. Fungsi Bangunan : Hunian ( Apartemen )
4. Jumlah Lantai : 16 Lantai
5. Tinggi Bangunan : 48
6. Tinggi per Lantai : 3
7. Kategori Desain Seismik : D ( SNI 03-1726-2012 )
8. Mutu Beton (  $f'_c$  ) : 40 Mpa
9. Mutu Tulangan (  $f_y$  ) : 400 Mpa
10. Struktur Bangunan : Flat Slab – Shear Wall

### 3.3 Data Tanah

Penyelidikan tanah dasar setempat untuk klasifikasi situs dalam perencanaan beban gempa seperti yang dijelaskan di SNI 03-1726-2012.

### 3.4 Peraturan yang digunakan :

Adapun peraturan-peraturan dan acuan yang digunakan dalam modifikasi perencanaan Apartemen ini adalah sebagai berikut :

1. Badan Standar Nasional. Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung ( SNI 03-1726-2012 ).
2. Badan Standar Nasional. Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung ( SNI 03-2847-2013 ).
3. Badan Standar Nasional. Tata Cara Perhitungan Pembebanan Untuk Bangunan Gedung ( SNI 03-1727-2013 ).

### 3.5 Beban Yang ditinjau

Berdasarkan SNI 03-1727-2013 dan SNI 03-1726-2012 beban yang diperlukan atau ditinjau antara lain :

1. Beban Mati ( SNI 03-1727-2013 ).
2. Beban Hidup ( SNI 03-1727-2013 ).
3. Beban Angin ( SNI 03-1727-2013 ).
4. Beban Gempa ( SNI 03-1726-2013 ).

Beban Gempa yang dimaksud adalah gaya-gaya dalam struktur yang terjadi oleh gerakan tanah akibat dari gempa tersebut. Rencana struktur gedung ditentukan melalui analisa respon dinamik.

### 3.6 Preliminary Design

### 3.7 Struktur Primer

#### 3.7.1 Dimensi Pelat (*Flat Slab*)

Tabel 2.6 Tebal Pelat Minimum Pelat tanpa Balok Interior (SNI 2837:2013)

Tegangan leleh $f_y$ (Mpa)	Tanpa penebalan			Dengan penebalan		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir	
280	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$
420	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$
520	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

Dan tidak boleh kurang dari:

Pelat tanpa penebalan (drop panels) = 125 mm

Pelat dengan penebalan (drop panels) = 100 mm

### Gambar 3.2 Tebal Pelat Minimum Tanpa Balok Interior

Menurut pasal 9.5.3.3 SNI 2847:2013, tebal pelat minimum dinyatakan dengan :

- a. Untuk  $\alpha m$  lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0  
Ketebalan pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{\ln(0,8 + \frac{f_y}{1400})}{36 + 5\beta (\alpha m - 0,2)} \quad (3.1)$$

tidak kurang dari 125 mm

- b. Untuk  $\alpha m$  lebih besar dari 2,0, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln(0,8 - \frac{f_y}{1400})}{36 - 9\beta} \quad (3.2)$$

tidak kurang dari 90 mm

- c. Untuk  $\alpha m$  yang sama atau lebih kecil dari 0,2, ketebalan pelat minimum harus memenuhi ketentuan Tabel 2.6.

Dimana:

$n$  = Panjang bentang bersih dalam arah memanjang dari konstruksi dua arah yang diukur dari muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok.

$F_y$  = Tegangan leleh baja.

$B$  = Rasio dari bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arah memendek dari pelat dua arah.

$\alpha_m$  = Nilai rata-rata dari rasio kekakuan lentur balok terhadap kekakuan pelat ( $\alpha$ ) untuk semua balok pada tepi pelat. Untuk pelat tanpa balok,  $\alpha_m = 0$ .

### 3.7.2 Dimensi Drop Panel

Sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 13.2.5. Jika digunakan untuk mengurangi jumlah tulangan momen negative pada kolom atau tebal slab perlu minimum, panel drop ( *drop panel* ) harus :

- a) Menjorok di bawah slab paling sedikit seperempat tebal slab disebelahnya; dan
- b) Menerus dalam setiap arah dari garis pusat tumpuan dengan jarak tidak kurang dari seperenam panjang bentang yang diukur dari pusat ke pusat tumpuan dalam arah tersebut.

### 3.7.3 Dimensi Balok Tepi

Desain Balok Tepi Dimensi balok tepi yang direncanakan hanya balok tepi/eksterior. Perhitungannya berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.2 tabel 9.5(a), dimana jika persyaratan ini terpenuhi maka tidak perlu memperhitungkan lendutan.  $h_{min} = L/16$  untuk  $f_y$  selain 420 MPa, nilainya harus dikalikan dengan  $(0,4 + f_y/700)$  Panjang bentang.

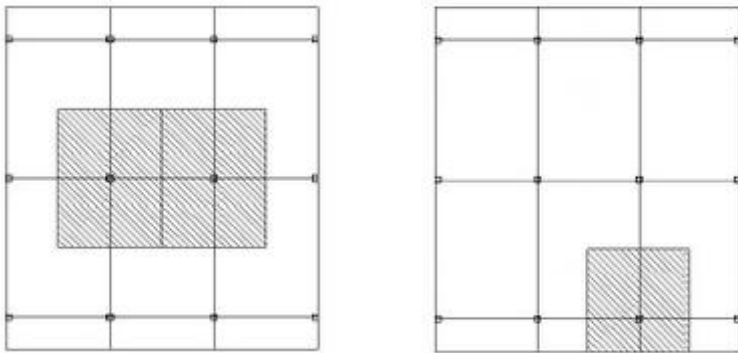
### 3.7.4 Dimensi Dinding Geser ( *Shear Wall* )

Berdasarkan SNI 03 – 2847 – 2013 pasal 15.3.1. Tebal dinding penumpu tidak boleh kurang dari  $1/25$  tinggi atau panjang

bentang tertumpu, yang mana yang lebih pendek, atau kurang dari 100 mm.

### 3.7.5 Dimensi Kolom

Untuk desain kolom, ditentukan terlebih dahulu tributary area untuk setiap kolom dan dicari kolom yang paling kritis untuk bagian interior dan eksterior. Untuk kolom interior tributary areanya adalah



**Gambar 3.3** Tributary area kolom  
Interior dan Tributary area kolom eksterior

Ukuran Kolom diperkirakan :

$$b \times h = 2,3 \frac{P}{f_c} \quad (3)$$

Dengan kata lain 30% kapasitas penampang disiapkan untuk aksial dan 70% untuk momen.

## 3.8 Perencanaan Struktur Sekunder

### 3.8.1 Perencanaan Tangga

- Syarat Perencanaan

$$57 \leq 2L_n + 2L_d \leq 65 \quad (4)$$

$L_n$  = Langkah naik



Ld = Langkah Datar

- Jumlah langkah naik

$$\frac{H}{Ln} \quad (5)$$

H = Tinggi Tangga

- Jumlah tinggi langkah naik

$$\frac{H}{\text{Jumlah langkah naik}} \quad (6)$$

- Jumlah langkah datar

$$\sum Ln - 1 \quad (7)$$

- Panjang kemiringan tangga

$$\sqrt{Ln^2 + Ld^2} \quad (8)$$

- Sudut kemiringan tangga ( $\alpha$ )

$$\tanh^{-1} \frac{9}{30} \quad (9)$$

Syarat ( $\alpha$ ) < 38°

### 3.8.2 Penulangan Tangga dan Bordes

- a) Penulangan Lentur Pelat dan Bordes

Menentukan batasan harga tulangan dengan menggunakan rasio tulangan yang diisyatkan sebagai berikut :

- SNI 03-2847-2013 pasal 7.12.2
- SNI 03-2847-2013 pasal 10.3.5

- b) Penulangan Geser SNI 03-2847-2013 pasal 11.2

- c) Perencanaan Balok Bordes

Sesuai dengan SNI 03-2847-2013 Tabel 9.5(a)

### 3.8.3 Perencanaan Lift

1. Preliminary Design
2. Pembebanan Balok Lift
3. Penulangan Lentur dan Geser Balok Lift

### 3.9 Pembebanan dan Analisa Gaya Gempa

Kombinasi Pembebanan ( SNI 03-2847-2013 pasal 9.2.1 ) :

$$U = 1.4 D$$

$$\begin{aligned}
 U &= 1.2 D + 1.6 L + 0.5 (Lr \text{ atau } R) \\
 U &= 1.2 D + 1.6 (Lr \text{ atau } R) + (1.0 L \text{ atau } 0.5W) \\
 U &= 1.2 D + 1.0 W + 1.0 L + 0.5 (Lr \text{ atau } R) \\
 U &= 1.2 D + 1.0 E + 1.0 L \\
 U &= 0.9 D + 1.0 W \\
 U &= 0.9 D + 1.0 E
 \end{aligned}$$

### 3.9.1 Perhitungan Berat Struktur

Koefisien reduksi beban hidup pada Apartemen adalah 20% sesuai dengan SNI 03-1727-2013 pasal 4.8.2.

### 3.9.2 Kompatibilitas Deformasi

Dalam hal ini komponen struktur juga harus direncanakan terhadap simpangan struktur akibat pengaruh gempa rencana, yaitu terhadap simpangan inelastic ( $D_m$ ).

### 3.10 Analisa Struktur

Dalam perencanaan struktur apartemen ini, analisa struktur dilakukan dengan bantuan program SAP 2000. Hasil dari running SAP 2000, nantinya akan digunakan sebagai acuan pendetailan komponen struktur.

### 3.11 Pendetailan Elemen Struktur Atas

#### 3.11.1 Penulangan Pelat ( *Flat Slab* )

Sesuai dengan SNI 2847:2013 Pasal 13.3 memuat tentang persyaratan penulangan pada pelat yaitu:

1. Luas tulangan pelat pada masing-masing arah dari sistem pelat dua arah ditentukan dari momen-momen pada penampang kritis tapi tidak boleh kurang dari apa yang disyaratkan pada SNI 2847:2013 Pasal 7.12.2.1.
2. Spasi tulangan pada penampang kritis tidak boleh lebih dari dua kali tebal pelat kecuali untuk bagian luas pelat konstruksi sel atau berusuk. Pada bagian pelat yang melintasi ruang sel, tulangan disediakan sesuai dengan

SNI 2847:2013 Pasal 7.12.

3. Tulangan momen positif yang tegak lurus terhadap tepi tak menerus harus menerus ke tepi pelat dan ditanam, dapat dengan kaitan, minimum sepanjang 150 mm ke dalam balok tepi, kolom atau dinding.
4. Tulangan momen negatif yang tegak lurus tepi tak menerus harus dibengkokkan, dikait atau diangkur pada balok tepi, kolom atau dinding dan harus disalurkan pada muka tumpuan menurut ketentuan pada pasal 14.
5. Bila pelat tidak memiliki balok tepi atau dinding pada tepi tak menerus, atau pada pelat yang membentuk kantilever pada tumpuan maka pengangkuran tulangan harus dilakukan di dalam pelat itu sendiri.
6. Pada sudut eksterior pelat yang ditumpu oleh dinding tepi atau bila satu atau lebih balok tepi mempunyai nilai  $\alpha_f > 1,0$  tulangan pelat atas dan bawah harus disediakan pada sudut eksterior, sebagai berikut :
  - 1) Tulangan sudut pada kedua sisi atas dan bawah pelat harus cukup untuk menahan momen per satuan lebar sama dengan momen positif maksimum per satuan lebar pada panel slab.
  - 2) Momen tersebut harus diasumsikan berporos terhadap sumbu tegak lurus terhadap diagonal dari sudut pada sisi atas pelat dan berporos terhadap sumbu yang paralel terhadap diagonal dari sudut pada sisi bawah pelat.
  - 3) Tulangan pojok harus disediakan untuk suatu jarak dalam masing-masing arah dari sudut sama dengan seperlima bentang yang lebih panjang.
  - 4) Tulangan sudut harus ditempatkan paralel terhadap diagonal pada sisi atas slab dan tegak lurus terhadap diagonal pada sisi bawah pelat. Sebagai alternatif, tulangan harus ditempatkan dalam dua lapis paralel terhadap sisi-sisi pelat pada kedua sisi atas dan bawah pelat.

7. Bila panel drop (*drop panel*) setempat untuk mengurangi jumlah tulangan momen negatif pada bagian pelat datar (*flat slab*) di daerah kolom maka dimensi panel drop setempat harus sesuai dengan hal berikut ini :

- 1) Menjorok di bawah pelat paling sedikit seperempat tebal pelat di sebelahnya.
- 2) Menerus dalam setiap arah dari garis pusat tumpuan dengan jarak tidak kurang dari seperenam panjang bentang yang diukur dari pusat ke pusat tumpuan dalam arah tersebut.

8. Detail tulangan pelat tanpa balok :

- 1) Sebagai tambahan terhadap persyaratan 13.3 pada SNI 2847:2013, tulangan pada pelat tanpa balok harus diteruskan dengan panjang minimum seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.4.

LAJUR	LOKASI	A <sub>s</sub> MINIMUM PADA PENAMPANG	TANPA PANEL TURUN	DENGAN PANEL TURUN
LAJUR KOLOM	ATAS	SISA 50%		
	BAWAH	100%		
LAJUR TENGAH	ATAS	100%		
	BAWAH	SISA 50%		
			<p>Pendukung eksterior (Tanpa slab menerus)</p>	<p>Pendukung interior (Terdapat slab menerus)</p>
			<p>Pendukung eksterior (Tanpa slab menerus)</p>	<p>Pendukung eksterior (Tanpa slab menerus)</p>

**Gambar 3.4** Perpanjangan Minimum untuk Tulangan pada Pelat tanpa Balok (SNI 2847:2013)

- 2) Bila panjang bentang yang bersebelahan tidak sama maka perpanjangan tulangan momen negatif di luar bidang mukatumpuan seperti yang disyaratkan pada Gambar 28 SNI 032847-2002 harus didasarkan pada bentang yang lebih panjang.
- 3) Tulangan miring hanya diperkenankan bila perbandingan tinggi terhadap bentang memungkinkan untuk digunakannya tulangan dengan kemiringan  $= 45^\circ$ .
- 4) Pada sistem rangka dimana pelat dua arah berfungsi sebagai komponen utama pemikul beban lateral, untuk pelat pada rangka yang dapat bergoyang, panjang tulangan ditentukan dari analisis tapi tidak boleh lebih kurang daripada yang ditentukan pada Gambar 2.7.
- 5) Semua tulangan atau kawat di sisi bawah dari lajur kolom dalam setiap arah harus menerus atau disambung dengan sambungan lewatan tarik kelas B atau dengan sambungan mekanis atau las yang memenuhi pasal 12.14.3 SNI 2847:2013.
- 6) Pada pelat dengan kepala geser (*shearheads*) dan pada konstruksi pelat yang diangkat (*lift-slab*), bilamana tidak praktis untuk meneruskan tulangan bawah sebagaimana ditentukan oleh poin 5 di atas melalui kolom, maka paling sedikit dua batang tulangan atau kawat bawah terlekat dalam masing-masing arah harus secara praktis melewati kepala geser (*shearhead*) atau gelang (*collar*) angkat sedekat mungkin ke kolom dan menerus atau disambung dengan sambungan lewatan tarik kelas B atau dengan sambungan mekanis atau las yang memenuhi pasal 12.14.3 SNI 2847:2013. Pada kolom eksterior, tulangan harus diangkur pada kepala geser atau gelang angkat.

### 3.11.2 Penulangan Drop Panel

- Perhitungan kapasitas drop panel (Kapasitas arah x dan arah y)

$$M_n < \phi M_n \quad (10)$$

$$\phi M_n = 0,85 \times A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right) \quad (11)$$

$$a = \frac{\sum \text{tul} \times A_s \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} \quad (12)$$

- Perhitungan geser pons drop panel. Berdasarkan SNI 03- 2847-2013, besarnya tidak boleh melebihi dari nilai terkecil dari ketiga nilai berikut ini :

$$V_{c1} = \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \times \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \times b \times d\right) \quad (13)$$

$$V_{c2} = \left(\frac{A_s \times d}{b} + 2\right) \times \left(\frac{\sqrt{f_c'}}{6} \times b \times d\right) \quad (14)$$

$$V_{c3} = \frac{1}{3} \times \sqrt{f_c} \times b \times d \quad (15)$$

$V_c$  terjadi = Reaksi Vertikal Kolom – Gaya Aksial di atas Drop Panel

Syarat :  $V_c \text{ terjadi} \leq V_c \text{ ijin}$

### 3.11.3 Penulangan Balok Tepi

$$\rho_{\text{balance}} = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \times \frac{600}{(600+f_y)} \quad (17)$$

$$\rho_{\text{max}} \leq 0,75 \times \rho_{\text{balance}} \quad (18)$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} \quad (19)$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} \quad (20)$$

$$R_n = \frac{(1-\delta) \times M_u}{\phi \times b \times d^2} \quad (21)$$

$$\rho \delta = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}}\right) \quad (22)$$

$$A_s = \rho \times b \times d \quad (23)$$

### **3.11.4 Penulangan Dinding Geser**

#### **3.11.4.1 Ketentuan untuk Penulangan Dinding Geser**

- Rasio minimum untuk luas tulangan vertikal terhadap luas bruto beton haruslah :
  - a) 0,0012 untuk batang ulir  $\leq$  D16 dengan tegangan leleh yang disyaratkan  $> 420$  Mpa.
  - b) 0,0015 untuk batang ulir lainnya.
  - c) 0,0012 untuk tulangan kawat las  $< \phi 16$  atau D16.
- Rasio minimum untuk luas tulangan horisontal terhadap luas bruto beton haruslah:
  - a) 0,0020 untuk batang ulir  $\leq$  D16 dengan tegangan leleh yang disyaratkan  $> 420$  Mpa.
  - b) 0,0025 untuk batang ulir lainnya.
  - c) 0,0020 untuk jaring kawat baja las (polos atau ulir)  $< \phi 16$  atau D16.
- Kuat geser  $V_c$  dihitung berdasarkan persamaan 2.38 atau 2.39 berdasarkan SNI 2847:2013.

### **3.11.5 Penulangan Kolom**

Dari beban aksial dan momen yang terjadi, kemudian dilakukan perhitungan penulangan memanjang kolom menggunakan program bantu PCA COL, didapatkan diagram interaksi antara aksial dan momen pada kolom.

#### **3.11.5.1 Perhitungan Tulangan Longitudinal Kolom**

- Analisa SP COLUMN
- Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal Kolom Dasar  
Menurut SNI03-2847-2013 Pasal 10.3.6.2 : kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur. Luas tulangan memanjang,  $A_{st}$ , tidak boleh kurang dari 0,01  $A_g$  atau lebih dari 0,06  $A_g$ .
- Kontrol Kapasitas Beban Aksial Kolom Dasar Terhadap Beban Aksial Terfaktor.

- Kontrol Persyaratan Kolom Interior Terhadap Gaya Geser Rencana  $V_e$   
 Dalam semua kasus  $V_e$  tidak boleh kurang dari geser terfaktor yang ditentukan oleh analisis struktur.

### 3.11.5.2 Tulangan Transversal Kolom

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 21.6.4.6, ujung-ujung kolom interior sepanjang  $l_o$  harus dikekang oleh tulangan trasversal ( $A_{sh}$ ) dengan spasi sesuai SNI 03-2847-2013 pasal 21.6.4.6.

- Pada kedua ujung kolom, sengkang harus disediakan dengan spasi  $s_o$ , sepanjang panjang  $l_o$  diukur dari muka joint. Spasi  $s_o$  tidak boleh melebihi:
  - a) 8 x diameter batang tulangan longitudinal terkecil
  - b) 24 x diameter tulangan geser
  - c)  $\frac{1}{2}$  dimensi penampang kolom terkecil
  - d) 300 mm
- Panjang  $l_o$  tidak boleh kurang dari :
  - a)  $\frac{1}{6}$  bentang bersih kolom
  - b) Dimensi penampang maksimum kolom
  - c) 450 mm
- Sengkang tertutup pertama harus ditempatkan tidak melebihi  $s_o/2$  dari muka joint.

## 3.12 Pendetailan Elemen Struktur Bawah

### 3.12.1 Pondasi

Dalam perencanaan tugas akhir ini pondasi dari struktur yang akan dihitung dan direncanakan menggunakan grup tiang pancang. Hal ini mendasari perlunya perhitungan efisiensi grup tiang pancang. Pondasi harus didesain untuk menahan gaya yang dihasilkan dan mengakomodasi pergerakan yang disalurkan ke struktur oleh gerak tanah desain. Sifat dinamis gaya, gerak tanah yang diharapkan, dasar desain untuk kekuatan dan kapasitas



disipasi energy struktur, dan property dinamis tanah harus disertakan dalam penentuan criteria desain pondasi. Desain dan konstruksi pondasi harus sesuai SNI 03-1726-2012 pasal 7.13.

### **3.12.2 Daya Dukung Tiang Pondasi Grup**

Di saat sebuah tiang merupakan bagian dalam grup tiang pancang, daya dukungnya mengalami modifikasi, karena pengaruh dari grup tiang tersebut. Untuk kasus daya dukung pondasi, kita harus memperhitungkan sebuah faktor koreksi, yang menjadi efisiensi dari grup tiang pancang tersebut. (Wahyudi, Herman. 1999) halaman 43.

### **3.12.3 Perencanaan Poer**

Dalam merencanakan tebal poer harus memenuhi persyaratan kekuatan gaya geser nominal harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Kuat geser yang disumbangkan beton diambil yang terkecil, sesuai SNI 03-2847-2013 pasal 11.11.

### **3.13 Gambar Rencana Struktur**

Penggambaran hasil perencanaan dan perhitungan dalam teknik ini menggunakan *software* AutoCAD.

## **BAB IV**

### **PRELIMINARY DESAIN**

#### **4.1 Umum**

#### **4.2 Data Perencanaan**

Sebelum perhitungan preliminary desain perlu diketahui terlebih dahulu data perencanaan dan beban-beban yang diterima oleh struktur gedung. Pada perencanaan gedung Apartemen “ The Aspen @ Admiralty “ Jakarta dimodifikasi menggunakan Flat Slab biasa dengan data perencanaan sebagai berikut :

- Fungsi bangunan : Gedung Apartemen
- Lokasi : Jalan RS Fatmawati, Cilandak  
Jakarta Selatan
- Jumlah lantai : 16 Lantai
- Ketinggian lantai :
  - a) lantai 1 = 3.50 m
  - b) lantai 2-15 = 3.00 m
  - c) lantai 16 = 2.50 m
- Tinggi bangunan : + 48 m
- Total luas area :  $\pm 1424 \text{ m}^2$
- Mutu beton ( $f'_c$ ) : 40 MPa
- Mutu baja ( $f_y$ ) : 400 MPa
- Letak bangunan : Jauh dari pantai

##### **4.2.1 Pembebanan**

###### **1. Beban Statis**

- Beban Mati (PPIUG 1983)
  - Berat sendiri beton bertulang :  $2400 \text{ kg/m}^3$
  - Tegel :  $24 \text{ kg/m}^3$
  - Dinding  $\frac{1}{2}$  bata :  $250 \text{ kg/m}^3$
  - Plafond :  $11 \text{ kg/m}^3$
  - Penggantung :  $7 \text{ kg/m}^3$
  - Plumbing + duckting :  $25 \text{ kg/m}^3$
  - Spesi :  $21 \text{ kg/m}^3$

➤ **Beban Hidup**

- Lantai Atap :  $96 \text{ kg/m}^3$
- Lantai Apartemen :  $192 \text{ kg/m}^3$
- Tangga dan bordes :  $479 \text{ kg/m}^3$
- 2. Beban Angin
- Jauh dari pantai :  $25 \text{ kg/m}^3$
- 3. Beban Gempa

Perencanaan dan perhitungan struktur terhadap gempa dilakukan menurut SNI 03-1726-2012.

### 4.3 Perencanaan Dimensi Balok Tepi

Dimensi balok untuk setiap lantai sesuai yang disyaratkan pada SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.2.1 yang tertera pada tabel 9.5.a adalah sebagai berikut :

$$h_{\min} = \frac{1}{21} L_b \text{ ( untuk balok dengan kedua ujung menerus )}$$

Untuk lebar balok diambil  $\frac{2}{3}$  dari tinggi balok :

$$b = \frac{2}{3} h$$

Dimana :

b = lebar balok

h = tinggi balok

$L_b$  = lebar kotor dari balok

$f_y$  = mutu baja tulangan

#### 4.3.1 Dimensi Balok Tepi

Dimensi balok induk direncanakan sebagai balok dengan dua tumpuan sederhana dengan mutu beton 40 MPa dan mutu baja 400 MPa sehingga digunakan :

➤ **Balok induk memanjang :  $L = 9.05 \text{ meter}$**

$$h_{\min} = \frac{1}{21} \times 905 \text{ cm} = 45 \text{ cm}$$

$h_{\min} = 45 \text{ cm}$  digunakan  $h_{\min} = 50 \text{ cm}$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 45 = 30\text{cm} \approx \text{digunakan } b = 350 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok induk memanjang dengan dimensi 35/50

➤ **Dimensi balok induk melintang : L = 8.7 meter**

$$h_{\min} = \frac{1}{21} \times 870\text{cm} = 41,43\text{cm}$$

$h_{\min} = 41,43 \text{ cm}$  digunakan  $h_{\min} = 50 \text{ cm}$

$$b = \frac{2}{3}h = \frac{2}{3} \times 41.43 = 27,62\text{cm} \approx \text{digunakan } b = 35 \text{ cm}$$

Maka direncanakan dimensi balok induk melintang dengan dimensi 35/50

**Tabel 4.1** Rekapitulasi Dimensi Balok Tepi

Kode balok induk	Bentang bersih (Lb)	$h_{\min}$	b	$h_{\text{pakai}}$	$b_{\text{pakai}}$	Dimensi
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
B1	905	45	30	50	35	35/50
B2	870	41,4	27,6	50	35	35/50
B3	575	27,3	18,2	50	35	35/50

#### 4.4 Perencanaan Tebal Pelat

##### 4.4.1 Peraturan Perencanaan Pelat

Peraturan penentuan tebal pelat minimum untuk satu arah dan dua arah menggunakan persyaratan pada SNI 03-2847-2013. Untuk memenuhi syarat lendutan, tebal pelat minimum tanpa balok interior harus sesuai dengan SNI 03-2847-2013 tabel 2.6.

Tabel 2.6 Tebal Pelat Minimum Pelat tanpa Balok Interior (SNI 2837:2013)

Tegangan leleh $f_y$ (Mpa)	Tanpa penebalan			Dengan penebalan		
	Panel eksterior		Panel interior	Panel eksterior		Panel interior
	Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir		Tanpa balok pinggir	Dengan balok pinggir	
280	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/36$	$l_n/40$	$l_n/40$
420	$l_n/30$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/33$	$l_n/36$	$l_n/36$
520	$l_n/28$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/31$	$l_n/34$	$l_n/34$

Dan tidak boleh kurang dari:

Pelat tanpa penebalan (drop panels) = 125 mm

Pelat dengan penebalan (drop panels) = 100 mm

Gambar 4.1 Desain Tebal Minimum Pelat Tanpa Balok

#### 4.4.2 Data Perencanaan Tebal Pelat Lantai dan Atap

Pelat yang direncanakan berupa pelat lantai dengan 3 tipe pelat yang memiliki ukuran yaitu :

- Pelat tipe A :  $870 \times 905$  cm
- Pelat tipe B :  $852,5 \times 905$  cm
- Pelat tipe C :  $550 \times 905$  cm
- Pelat tipe D :  $547,5 \times 905$  cm

Ketiga tipe pelat tersebut direncanakan dengan spesifikasi sebagai berikut :

- Mutu beton : 40 MPa
- Mutu baja : 400 MPa

Untuk perencanaan tebal pelat diambil pelat dengan dimensi terluas dengan tebal sebesar 25 cm

Dalam tugas akhir ini tipe pelat A dengan dimensi yang paling besar yaitu  $8,7 \times 9,05$  m digunakan sebagai contoh perhitungan dimensi tebal pelat berdasarkan SNI 03-2847-2013 tabel 2.6 sehingga nilai  $L_n$  yaitu :

$$L_n = \frac{905 - 90}{36,57} = 22,8603 \text{ cm}$$

$L_n = 22,8603$  cm, digunakan  $L_n = 25$  cm

Tebal Plat Lantai yang digunakan adalah 25 cm.

#### 4.5 Perencanaan Dimensi Kolom

Perencanaan dimensi kolom yang tinjau adalah kolom yang mengalami pembebanan terbesar, yaitu kolom yang memikul bentang 905 x 870 cm. Kolom harus direncanakan untuk mampu memikul beban aksial terfaktor yang bekerja pada semua lantai atau atap dan momen maksimum dari beban terfaktor pada satu bentang terdekat dari lantai atau atap yang ditinjau. Data- data yang diperlukan dalam menentukan dimensi kolom adalah sebagai berikut :

- Tebal pelat = 25 cm = 250 mm
- Tinggi lantai 1 = 3,5 m
- Tinggi tiap lantai 2-15 = 3 m
- Tinggi lantai 16 = 2,5 m
- Dimensi balok tepi = 35/50
- Dimensi balok = 25/35

Bedasarkan RSNI 03-1727-1989 pembebanan seperti berikut ini :

a. Beban mati lantai 2 - 15

Beban mati yang diterima oleh kolom adalah sebagai berikut :

Pelat	: $9,05 \times 8,7 \times 0,25 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 14$	= 661374 kg
Plafond	: $9,05 \times 8,7 \times 11 \text{ kg/m}^2 \times 14$	= 12125,19 kg
Penggantung	: $9,05 \times 8,7 \times 7 \text{ kg/m}^2 \times 14$	= 7716,03 kg
Plumbing	: $9,05 \times 8,7 \times 10 \text{ kg/m}^2 \times 14$	= 11022,9 kg
Ducting	: $9,05 \times 8,7 \times 20 \text{ kg/m}^2 \times 14$	= 22045,08 kg
Spesi (2cm)	: $9,05 \times 8,7 \times 0,2 \times 11 \text{ kg/m}^2 \times 14$	= 46296,18 kg
Dinding bata	: $9,05 \times 8,7 \times 250 \text{ kg/m}^3 \times 31,5 \times 3 \times 14$	= 330750 kg
Sanitasi	: $9,05 \times 8,7 \times 20 \text{ kg/m}^2 \times 14$	= 22045,08 kg
Keramik	: $9,05 \times 8,7 \times 24 \text{ kg/m}^2 \times 14$	= 26454,96 kg
Kolom	: $9,05 \times 8,7 \times 0,9^2 \times 2400 \text{ kg/m}^3 \times 14$	= 81648 kg+
Berat Total (DL)		= 1221479 kg

b. Beban mati lantai 16

Pelat	: $9,05 \times 8,7 \times 0,25 \times 2400 \text{ kg/m}^3$	= 47241	kg
Plafond	: $9,05 \times 8,7 \times 11 \text{ kg/m}^2$	= 866,085	kg
Penggantung	: $9,05 \times 8,7 \times 7 \text{ kg/m}^2$	= 551,145	kg
Plumbing	: $9,05 \times 8,7 \times 10 \text{ kg/m}^2$	= 787,35	kg
Ducting	: $9,05 \times 8,7 \times 20 \text{ kg/m}^2$	= 1574,7	kg
Spesi (2cm)	: $9,05 \times 8,7 \times 0,2 \times 11 \text{ kg/m}^2$	= 3306,87	kg
Keramik	: $9,05 \times 8,7 \times 24 \text{ kg/m}^2$	= 1889,64	kg
Dinding bata	: $9,05 \times 8,7 \times 2,5 \times 31,5 \times 250 \text{ kg/m}^3$	= 19687,5	kg
Kolom	: $9,05 \times 8,7 \times 0,9^2 \times 2400 \text{ kg/m}^3$	= 4860	kg
Sanitasi	: $9,05 \times 8,7 \times 20 \text{ kg/m}^2$	= 1574,7	kg +
Berat Total (DL)		= 82338,99	kg

#### c. Beban mati lantai atap

Pelat	: $9,05 \times 8,7 \times 0,25 \times 2400 \text{ kg/m}^3$	= 47241	kg
Plafond	: $9,05 \times 8,7 \times 11 \text{ kg/m}^2$	= 866,085	kg
Spesi (1cm)	: $9,05 \times 8,7 \times 11 \text{ kg/m}^2$	= 1653,435	kg
Penggantung	: $9,05 \times 8,7 \times 7 \text{ kg/m}^2$	= 551,145	kg
Plumbing	: $9,05 \times 8,7 \times 10 \text{ kg/m}^2$	= 787,35	kg
Ducting	: $9,05 \times 8,7 \times 20 \text{ kg/m}^2$	= 1574,7	kg
Aspal(1cm)	: $9,05 \times 8,7 \times 14 \text{ kg/m}^2$	= 1102,3	kg +
Berat Total (DL)		= 53776,01	kg

#### d. Beban Hidup

Beban atap	: $9,05 \times 8,7 \times 96 \text{ kg/m}^2$	= 7558,56	kg
Beban lantai	: $9,05 \times 8,7 \times 192 \text{ kg/m}^2$	= 15117,12	kg
QL11	: $7558,56 + (5 \times 15117,12 \times 0,8)$	= 68027,04	kg
QL6	: $7558,56 + (10 \times 15117,12 \times 0,8)$	= 128495,5	kg
QL1	: $7558,56 + (14 \times 15117,12 \times 0,8)$	= 176870,3	kg

Berdasarkan RSNI 03-1727-1989 Pasal 4.8.2 koefisien reduksi untuk beban hidup struktur yang menumpu dua lantai atau lebih sebesar 20%.

$$\begin{aligned} \text{LL1} &= 7558,56 + (14 \times 15117,12 \times 0,8) \\ &= 176870,3 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi berat total} &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\
 &= 1,2(53776,01 + 82338,99 + 1221479) + \\
 &\quad 1,6(189820,8) \\
 &= 1912105 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 9.3.2.2 aksial tekan dan aksial tekan dengan lentur untuk komponen struktur dengan tulangan sengkang biasa, maka faktor reduksi ( $\phi=0.65$ ).

$$\text{Mutu beton} = 40 \text{ Mpa} = 40 \times 10 = 400 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Rencana Awal} \rightarrow A = \frac{W}{\phi f'_c} = \frac{1912105}{0,65 \times 400} = 7354,25 \text{ cm}^2$$

$$\text{Misalkan } b=h, \text{ maka } b^2 = 7354,25 \text{ cm}^2$$

$$b = 85,75693 \text{ cm} \approx 90 \text{ cm}$$

Agar lebih efisien maka dimensi kolom :

- Lantai 1 – lantai 5 =  $90 \times 90 \text{ cm}$
- Lantai 6 – lantai 10 =  $70 \times 70 \text{ cm}$
- Lantai 11 – lantai 16 =  $60 \times 60 \text{ cm}$

#### 4.6 Perencanaan Tebal Dinding Geser

Bedasarkan peraturan SNI 03-2847-2013 pasal 14.5.3.1 ketebalan dinding pendukung tidak boleh kurang dari  $l/25$  tinggi atau panjang bagian dinding yang ditopang secara lateral, diambil yang terkecil, dan tidak kurang daripada 100 mm. Dalam tugas akhir ini tebal dinding geser direncanakan sebagai berikut :

$$\text{Tebal dinding geser} = 40 \text{ cm}$$

$$\text{Panjang bentang dinding} = 905 \text{ cm}$$

$$\text{Tinggi dinding} = 350 \text{ cm}$$

$$T \geq H/25 = 350/25 = 14 \text{ cm}$$

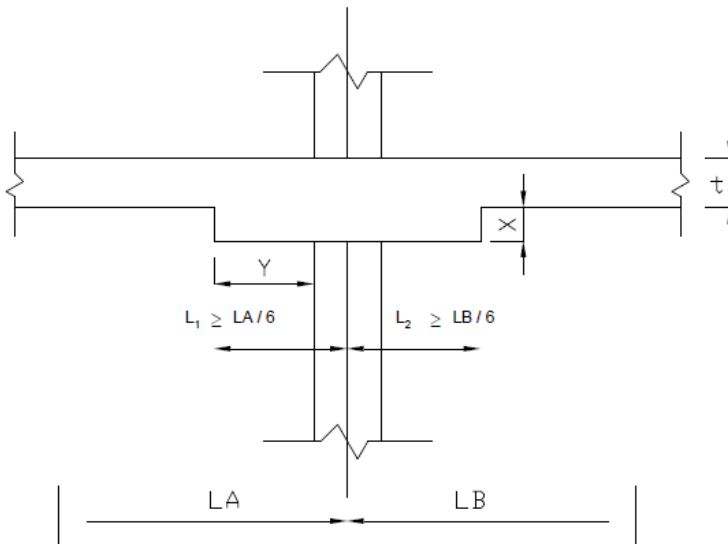
$$T \geq L/25 = 905/25 = 362 \text{ cm}$$

Dengan demikian tebal dinding geser 40 cm memenuhi.



#### 4.7 Perencanaan Tebal Drop Panel

Drop panel memiliki fungsi utama untuk mengurangi tegangan geser disekitar kolom. Setelah dilakukan pengujian terhadap tegangan geser pons padapelat di sekitar kolom, ternyata hasilnya melebihi syarat tegangan geser pons. Adapun perhitungan drop panel dihitung berdasarkan ukuran plat terbesar, yaitu 9,05 x 8,7 m.



Gambar 4.2 Pendimensian Drop Panel

#### 4.7.1 Perencanaan Dimensi Drop Panel arah x dan arah y

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 13.2.5

$$L_{droppanel} \geq \frac{1}{6} \times L_n$$

$$L_x \geq \frac{1}{6} \times 9050 = 1508,33 \approx 1510mm$$

$$L_y \geq \frac{1}{6} \times 8700 = 1450mm$$

#### 4.7.2 Perencanaan Tebal Drop Panel

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 13.3.7

$$H_{droppanel} \leq \frac{1}{4} \times L_n$$

$$H_{droppanel} \leq \frac{1}{4} \times \left(9050 - \frac{900}{2}\right) = 265mm$$

$$H_{droppanel} \leq \frac{1}{4} \times \left(8700 - \frac{900}{2}\right) = 250mm$$

Hdroppanel pakai = 150 mm

**“ Halaman ini sengaja dikosongkan “**

## BAB V

### PERENCANAAN STRUKTUR SEKUNDER

#### 5.1 Perencanaan Tangga

Pada perencanaan ini, struktur tangga dimodelkan sebagai frame statis tertentu dengan kondisi ujung perletakan berupa sendi dan rol (rol diletakkan pada ujung bordes). Struktur tangga ke atas dan ke bawah tipikal.

##### 5.1.1 Data Perencanaan

###### A. Lantai 1

Data perencanaan yang diperlukan untuk merencanakan konstruksi tangga adalah sebagai berikut :

- Mutu beton ( $f_c'$ ) = 40 Mpa
- Mutu baja ( $f_y$ ) = 400 Mpa
- Tinggi antar lantai = 350 cm
- Panjang bordes = 385 cm
- Lebar bordes = 153 cm
- Lebar tangga = 385 cm
- Tebal pelat tangga ( $t_p$ ) = 18 cm
- Tebal pelat bordes = 18 cm
- Tinggi injakan ( $t$ ) = 18 cm
- Lebar injakan ( $i$ ) = 25 cm
- Jumlah tanjakan ( $n_T$ ) =  $\frac{\text{Tinggi lantai}}{t} = 20$  buah
- Jumlah injakan ( $n_i$ ) =  $n_T - 1 = 19$  buah
- Jumlah tanjakan ke bordes = 10 buah
- Jumlah tanjakan dari bordes ke lantai 2 = 10 buah
- Elevasi bordes = 175 cm
- Panjang horizontal plat tangga bordes =  $i \times \text{jumlah tanjakan bordes}$   
 $= 25 \times 10 = 250$  cm

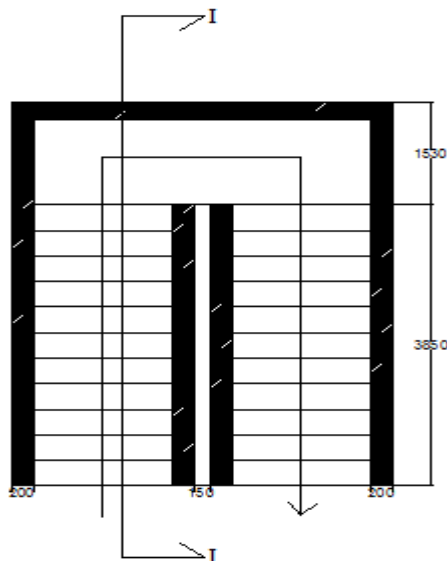
- Kemiringan tangga ( $\alpha$ )

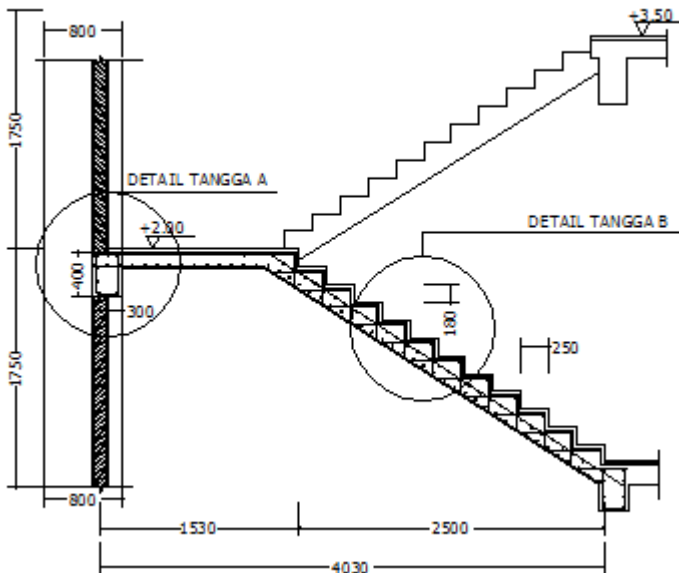
$$\text{arc tan } \alpha = \frac{\text{elevasi bordes}}{\text{panjang horisontal plat tangga}} = \frac{175}{250} = 0,7$$

Jadi,  $\alpha = 34,992$

Cek syarat :

- $60 \leq (2t + i) \leq 65$   
 $60 \leq (2 \times 18 + 25) \leq 65$   
 $60 \leq 61 \leq 65 \dots \dots \dots (\text{OK})$
- $25 \leq \alpha \leq 40$   
 $25 \leq 30,96^\circ \leq 40 \dots (\text{OK})$
- Tebal plat rata-rata anak tangga =  $(i/2) \sin \alpha$   
 $= (25/2) \sin 34,992^\circ$   
 $= 7,168 \text{ cm}$
- Tebal plat rata-rata =  $t_p + t_r = 18 + 7,168$   
 $= 25,1683 \text{ cm} \approx 26 \text{ cm}$





**Gambar 5.1** Perencanaan Tangga

### 5.1.2 Perhitungan Pembebanan dan Analisa Struktur

#### a. Pembebanan Tangga

##### Beban Mati (DL)

$$\text{Pelat tangga} = \frac{0,26}{\cos 34,992^{\circ}} \times 2400 = 761,68 \text{ kg/m}$$

$$\text{Tegel horizontal} = 24 \text{ kg/m}$$

$$\text{Tegel vertikal} = 24 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi horizontal (2 cm)} = 42 \text{ kg/m}$$

$$\text{Spesi vertikal (2 cm)} = 42 \text{ kg/m}$$

$$\text{Sandaran} = 50 \text{ kg/m} +$$

$$\text{Total (DL)} = 943,68 \text{ kg/m}$$

$$\text{Beban Hidup (LL)} : 1 \text{ m} \times 479 \text{ kg/m}^2 = 479 \text{ kg/m}$$

Kombinasi Beban :

$$\begin{aligned}
 Q_u &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\
 &= 1,2 (943,68) + 1,6 (479) \\
 &= 1898,8268 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

**b. Pembebanan Pelat Bordes**

**Beban Mati (DL)**

$$\begin{array}{lll}
 \text{Pelat bordes} & = 0,18 \times 2400 \times 1 \text{ m} & = 432 \text{ kg/m} \\
 \text{Spesi} & = 2 \times 21 \times 1 \text{ m} & = 42 \text{ kg/m} \\
 \text{Tegel} & = 24 \times 1 \text{ m} & = 24 \text{ kg/m} + \\
 \text{Total (DL)} & & = 524 \text{ kg/m}
 \end{array}$$

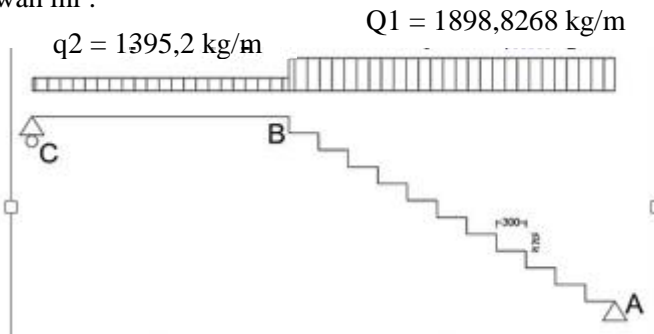
**Beban Hidup (LL) :**  $1 \text{ m} \times 479 \text{ kg/m}^2 = 479 \text{ kg/m}$

Kombinasi Beban :

$$\begin{aligned}
 Q_u &= 1,2 \text{ DL} + 1,6 \text{ LL} \\
 &= 1,2 (524) + 1,6 (479) \\
 &= 1395,2 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

### 5.1.3 Analisa Gaya-Gaya Dalam

Pada proses analisa struktur tangga ini, menggunakan perhitungan statis tak tentu dengan menggunakan perletakan Sendi-Rol, dimana pembebanan tangga dan output seperti dibawah ini :



**Gambar 5.2** Sketsa beban pada tangga

- $\sum M_A = 0$   
 $(R_c \times 4,03) - (q_2 \times 1,53 \times 3,265) - (q_1 \times 2,5 \times 1,25) = 0$   
 $(R_c \times 4,03) - 6969,65184 - 5933,834014 = 0$   
 $R_c = 3201,857532 \text{ kg}$
- $\sum V = 0$   
 $(q_1 \times 2,5) - (q_2 \times 1,53) - (R_c) = 0$   
 $(1898,826885 \times 2,5) - (1395,2 \times 1,53) - 3201,857532 = 0$   
 $R_a = 3679,865679 \text{ kg}$
- $\sum H = 0$   
 $H_A = 0$

#### Kontrol

- $\sum V_A = 0$   
 $R_A + R_C - (q_2 \times 3,6) - (q_1 \times 2,3) = 0$   
 $3679,865679 + 3201,857532 - (1395,2 \times 1,53) -$   
 $(1898,826885 \times 2,5) = 0$   
 $0 = 0 \dots\dots (\text{OK})$

#### Pelat Bordes A-B ( 2,5m )

##### a. Gaya Momen ( M )

$$M_{x_1} = R_a \times x_1 - \frac{1}{2} q_2 \times x_1^2$$

$$M_A = 0$$

$$M_{B \text{ kanan}} = R_a \times x_1 - \frac{1}{2} q_1 \times x_1^2$$

$$M_{B \text{ kanan}} = 3679,865679 \times 2,5 - \frac{1}{2} \times 1898,826885 \times 2,5^2$$

$$= 3265,8302 \text{ kgm}$$

Momen maksimum apabila :

$$\frac{\sum M_1}{\sum X_1} = 0$$

$$R_a - q_1 \times x_1^2 = 0$$

$$x_2 = \frac{R_a}{q_1} = \frac{3679,865679}{1898,826885} = 1,93797 \text{ m} < 3,78 \text{ m}$$

Momen maksimum terjadi di titik  $X_2 = 1,93797 \text{ m}$

$$M_{\max} = R_a \times x_1 - \frac{1}{2} q_2 \times x_1^2$$

$$= 3679,865679 \times 1,93797 - \frac{1}{2} \times 1898,82 \times 1,9379^2$$



$$= 3565.701 \text{ kgm}$$

- b. Gaya Lintang (D)

$$D_a = R_a \cos 34,992^\circ$$

$$D_b = (R_a - q_1 \times 2,5) \times \cos 34,992^\circ$$

$$\text{Titik A } (X_1 = 0) ; D_A = 3337,933 \text{ kg}$$

$$\text{Titik B } (X_1 = 2,5\text{m}) ; D_B = 968,0374 \text{ kg}$$

- c. Gaya Normal (N)

$$\text{Titik A} ; N_A = -V_A \sin 34,992^\circ = -3679,866 \times \sin 34,992^\circ$$

$$N_A = -1549,068 \text{ kg}$$

$$\text{Titik B} ; N_B = -V_A \sin 34,992^\circ + q_1 \sin 34,992^\circ \times 2,5 \text{ m}$$

$$N_B = -3679,86 \sin 34,992^\circ + 1898,8268 \sin 34,992^\circ \times 2,5 \text{ m}$$

$$N_B = 1172,188 \text{ kg}$$

Pelat B-C ( 1,53 m )

- a. Gaya Momen ( M )

$$M_{x_1} = R_C \times x_2 - \frac{1}{2} q_2 \times x_2^2$$

$$\text{Titik C, } M_C = 0 \text{ kgm}$$

$$M_{\max} = R_C \times x_2 - \frac{1}{2} q_2 \times x_2^2$$

$$= 3201,8575 \times 1,53 - \frac{1}{2} \times 1395,2 \times 1,53^2$$

$$= 3265,8301 \text{ kgm}$$

- b. Gaya Lintang (D)

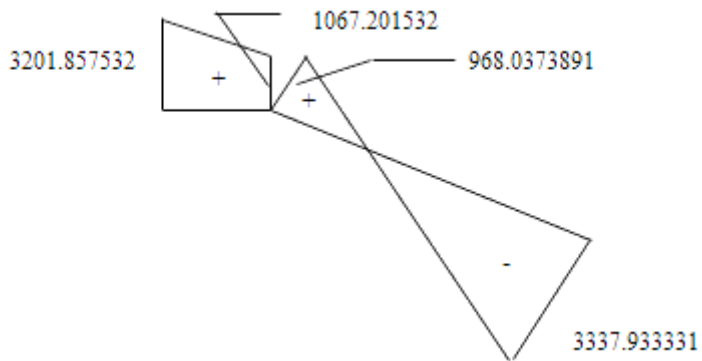
$$\text{Titik C } D_{C \text{ kanan}} = R_C = 3201.8575 \text{ kg}$$

$$D_{B \text{ kiri}} = R_C - (q_2 \times 1,53)$$

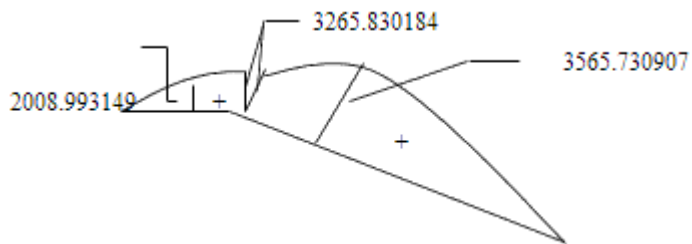
$$= 1067,2015 \text{ kg}$$

- c. Gaya Normal (N)

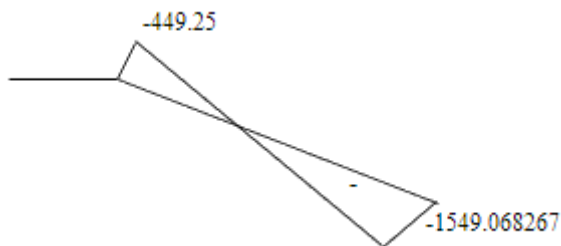
$$N_{B-C} = 0 \text{ kg}$$



**Gambar 5.3** Bidang lintang (D) pada tangga



**Gambar 5.4** Bidang Momen (M) pada tangga



**Gambar 5.5** Bidang normal (N) pada tangga

### 5.1.4 Perhitungan Tulangan Pelat Tangga dan Bordes

#### ▪ Perhitungan Penulangan Pelat Tangga

Data – Data Perencanaan

Mutu beton ( $f'_c$ )	= 40 Mpa
Mutu baja ( $f_y$ )	= 400 Mpa
Berat jenis beton	= 2400 Mpa
D tulangan lentur	= 12 mm
Tebal pelat tangga	= 180 mm
Tebal pelat bordes	= 180 mm
Tebal selimut beton	= 30 mm
$\beta_1$	= 0,85

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f'_c}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 0,85 \times 30}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right) = 0,04335$$

$$\rho_{\max} = 0,75\rho_b = 0,75 \times 0,04335 = 0,0325$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\rho_{\min} = \frac{0,25 \times \sqrt{f'_c}}{f_y}$$

$$= \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{400} = 0,00395$$

$\rho_{\min}$  dipilih yang memiliki nilai terbesar, yaitu 0,00395

$$m = \frac{f_y}{0,85 f'_c} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,765$$

$$d = 180 - 30 - (0,5 \times 12) = 144 \text{ mm}$$

#### Penulangan pelat tangga

➤ Tulangan utama

$$M_{\max} = 3565,731 \text{ kgm} = 35657310 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{0,8 \times 1000 \times d y^2} = \frac{35657309,07}{0,8 \times 1000 \times 144^2} = 2,1495$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,764705} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,765 \times 2,1495}{400}} \right) = 0,0053908 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,00556 > \rho_{\text{min}} = 0,00395$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,00556 \times 1000 \times 144 = 1320 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 7.6.5 adalah :

Jarak tulangan utama  $\leq 3 \times$  tebal pelat, maka :

$$S \leq 3 \times 180$$

$$\leq 540 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} n \text{ tulangan} &= \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{s \text{ D12}}} \\ &= \frac{1320}{113,09} = 11,67 \approx \text{dipakai 13 buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_{s \text{ pasang}} &= \text{jumlah tulangan tiap meter} \times A_{s \text{ D12}} \\ &= 13 \times 113,09 \text{ mm}^2 \\ &= 1413 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ perlu}} \dots\dots \text{OK} \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan lentur 13D12-80 mm.

- Penulangan lentur arah melintang pelat  
Penulangan arah y dipasang tulangan susut dan suhu dengan :

$$\rho_{\text{min}} = 0,00395 \text{ untuk } f_y = 400 \text{ Mpa}$$

(SNI 03-2847-2013 pasal 7.12.2.1)

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= 0,00395 \times b \times h \\ &= 0,00395 \times 1000 \times 144 = 568.8 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n \text{ tulangan} &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \phi 8}} \\
 &= \frac{568,8}{50,27} = 11,31 \approx \text{dipakai 12 buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ pasang}} &= \text{jumlah tulangan tiap meter} \times A \ \phi_8 \\
 &= 12 \times 50,27 \text{ mm}^2 \\
 &= 603,24 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ perlu}} \dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan lentur 12Ø8-125 mm.

### **Penulangan pelat bordes**

➤ Tulangan utama

$$M_{\max} = 3265,8302 \text{ kgm} = 3265,8302 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{0,8 \times 1000 \times d y^2} = \frac{32658302}{0,8 \times 1000 \times 144^2} = 1,968695$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{11,76471} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,7647 \times 1,968695}{400}} \right) = 0,00507
 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,00507 < \rho_{\min} = 0,00395$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ perlu}} &= \rho \times b \times d \\
 &= 0,00507 \times 1000 \times 144 = 730,5309 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 7.6.5 adalah :

Jarak tulangan utama  $\leq 3 \times \text{tebal pelat}$ , maka :

$$\begin{aligned}
 S &\leq 3 \times 180 \\
 &\leq 540 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n \text{ tulangan} &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \text{ D12}}} \\
 &= \frac{730,5309}{113,04} = 6,02 \approx \text{dipakai 7 buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ pasang}} &= \text{jumlah tulangan tiap meter} \times A_{D_{12}} \\
 &= 7 \times 113,04 \text{ mm}^2 \\
 &= 791,28 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ perlu}} \dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan lentur 7D12-140 mm.

- Penulangan lentur arah melintang pelat  
Penulangan arah y dipasang tulangan susut dan suhu dengan :

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= 0,0036 \text{ untuk } f_y = 390 \text{ Mpa} \\
 &(\text{SNI 03-2847-2013 pasal 7.12.2.1}) \\
 A_{s \text{ perlu}} &= 0,00395 \times b \times h \\
 &= 0,00395 \times 1000 \times 144 = 568,8 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 n \text{ tulangan} &= \frac{A_{s \text{ perlu}}}{A_{s \phi 8}} \\
 &= \frac{568,8}{50,27} = 11,31 \approx \text{dipakai 12 buah}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 A_{s \text{ pasang}} &= \text{jumlah tulangan tiap meter} \times A_{\phi 8} \\
 &= 12 \times 50,27 \text{ mm}^2 \\
 &= 603,24 \text{ mm}^2 > A_{s \text{ perlu}} \dots\dots \text{OK}
 \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan lentur 12Ø8-125 mm.

- Perencanaan dimensi balok bordes

$$h_{\min} = \frac{1}{16} \times L = \frac{1}{16} \times 385 = 24,0625 \approx 40 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} \times 24,0625 = 16,04167 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

Dipakai dimensi balok bordes 30/40

- Pembebanan Balok Bordes  
Beban Mati

$$\begin{aligned}
 \text{Berat sendiri balok} &= 0,3 \times 0,40 \times 2400 = 288 \text{ kg/m} \\
 \text{Berat dinding} &= 2 \times 250 = 500 \text{ kg/m} + \\
 &q_d = 788 \text{ kg/m} \\
 \text{qd ultimate} &= 1,2 \times q_d = 1,2 \times 788 = 945,6 \text{ kg/m} \\
 \text{beban pelat bordes} &= 3201,857 \text{ kg/m} + \\
 &q_u = 4147,457 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen tumpuan} &= \frac{1}{24} \times q_u \times l^2 \\
 &= \frac{1}{24} \times 41,474575 \times 3850^2 \\
 &= 25614870,33 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Momen lapangan} &= \frac{1}{12} \times q_u \times l^2 \\
 &= \frac{1}{12} \times 41,474575 \times 3850^2 \\
 &= 51229740,66 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u \text{ total} &= 0,5 \times q_u \times l = 0,5 \times 41,4745 \times 3850 = \\
 &79838,4125 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

■ Penulangan Lentur Balok Bordes

Direncanakan :

$$\text{Diameter sengkang} = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Diameter tulangan utama} = 16 \text{ mm}$$

$$\text{Sehingga } d = 385 - 40 - 10 - 16/2 = 327 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c' \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)}{f_y} \\
 &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 40 \left( \frac{600}{600 + 400} \right)}{400} = 0,04335
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,04335 = 0,0325$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{0,25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y} \\
 &= \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{400} = 0,00395
 \end{aligned}$$

$\rho_{\min}$  dipilih yang memiliki nilai terbesar, yaitu 0,00395

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,7647$$

➤ Penulangan Tumpuan

$$M_{\max} = 25614870,33 \text{ Nmm}$$

$$M_n = 32018588 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{32018588}{300 \times 327^2} = 0,998$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{11,7647} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,7647 \times 0,998}{400}} \right) = 0,00253$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,002533 < \rho_{\min} = 0,00395$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,00395 \times 300 \times 327 = 387,495 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 7.6.5 adalah :

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{s \text{ D16}}}$$

$$= \frac{387,495}{201,06} = 1,92 \approx \text{dipakai 4 buah}$$

$$A_s \text{ pasang} = \text{jumlah tulangan tiap meter} \times A_{s \text{ D16}}$$

$$= 4 \times 201,106 \text{ mm}^2$$

$$= 804,248 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu} \dots\dots \text{OK}$$

Maka digunakan tulangan lentur 4 D16

$$A_s' \text{ perlu} = 0,5 \times A_s$$

$$= 0,5 \times 387,495 \text{ mm}^2$$

$$= 193,7475 \text{ mm}^2$$

digunakan tulangan lentur 2 D16



➤ Penulangan Lapangan :

$$M_{\text{lapangan}} = 51229740,66 \text{ Nmm}$$

$$M_n = 64037175,83 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_n}{b \times d^2} = \frac{64037175,83}{300 \times 327^2} = 1,99$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,7647} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,7647 \times 1,99}{400}} \right) = 0,00513 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,00513 > \rho_{\text{min}} = 0,00395$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00513 \times 300 \times 327 = 503,2327 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 7.6.5 adalah :

$$\begin{aligned} n \text{ tulangan} &= \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_s \text{ D16}} \\ &= \frac{503,2327}{201,06} = 2,5 \approx \text{dipakai 6 buah} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_s \text{ pasang} &= \text{jumlah tulangan tiap meter} \times A \text{ } \emptyset_{16} \\ &= 6 \times 201,106 \text{ mm}^2 \\ &= 1206,37 \text{ mm}^2 > A_s \text{ perlu ..... OK} \end{aligned}$$

Maka digunakan tulangan lentur 6 D16

$$\begin{aligned} A_s' \text{ perlu} &= 0,5 \times A_s \\ &= 0,5 \times 559,29 \text{ mm}^2 \\ &= 279,64 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

digunakan tulangan lentur 3 D16

▪ Penulangan Geser Balok Bordes

Penulangan Tumpuan

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

$$V_c = \frac{1}{6} \times \sqrt{40} \times 300 \times 327 = 103406,4795 \text{ N}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 103406,4795 = 77554,85962 \text{ N}$$

$$0,5 \phi V_c = 0,5 \times 77554,85962 = 38777,4298 \text{ N}$$

$$\phi V_s \text{ min} = \frac{1}{3} \times \sqrt{40} \times 300 \times 327 = 206812,959 \text{ N}$$

Menurut SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5(5.1) : Bila  $V_u$  kurang dari setengah kuat geser yang disumbangkan oleh beton  $\phi V_c$ , maka tidak perlu diberi tulangan geser. Karena  $0,5\phi V_c < V_u < \phi V_c$  maka diperlukan tulangan geser minimum.

$$\phi V_s \text{ perlu} = \phi V_s \text{ min} = 206812,959 \text{ N}$$

Diameter tulangan geser = 10 mm

$$A_v = 2 \times 0,25 \times \pi \times 10^2 = 157,080 \text{ mm}^2$$

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.4 ketentuan jarak maksimum antar sengkang tertutup tidak boleh melebihi  $d/2$  atau 600 mm untuk komponen struktur non prategang

$$s = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{157,080 \times 400 \times 327}{206812,959} = 99,346 \text{ mm}$$

$$\text{Syarat } s < \frac{d}{2} = \frac{327}{2} = 163,5 \text{ mm}$$

Pasang  $\emptyset 10 - 100 \text{ mm}$

## 5.2 Perencanaan Balok Lift

### 5.2.1 Data Perencanaan

Perencanaan yang dilakukan pada lift ini meliputi balok-balok yang berkaitan dengan mesin lift. Pada bangunan ini digunakan lift penumpang yang diproduksi oleh Asia Schneider (Thailand) Co.,Ltd. dengan data-data spesifikasi sebagai berikut :

Tipe Lift	: C300 Passenger Elevator
Kapasitas	: 1000 Kg
Kecepatan	: 1.75 m/detik
Motor	: 18.5 KW
Lebar pintu ( opening width )	: 800 mm
Dimensi sangkar ( car size )	
- Car Wide (CW)	: 1600 mm

- Car Depth (CD) : 1400 mm
- Opening : 900 mm

Dimensi ruang luncur ( Hoistway )

- Hoistway width (HW) : 2100 mm
- Hoistway Depth (HD) : 2000 mm

Beban reaksi ruang mesin

$R_1$  : 5800 kg

$R_2$  : 4600 kg

Untuk lebih jelasnya mengenai spesifikasi lift berikut disajikan dalam tabel 5.1 :

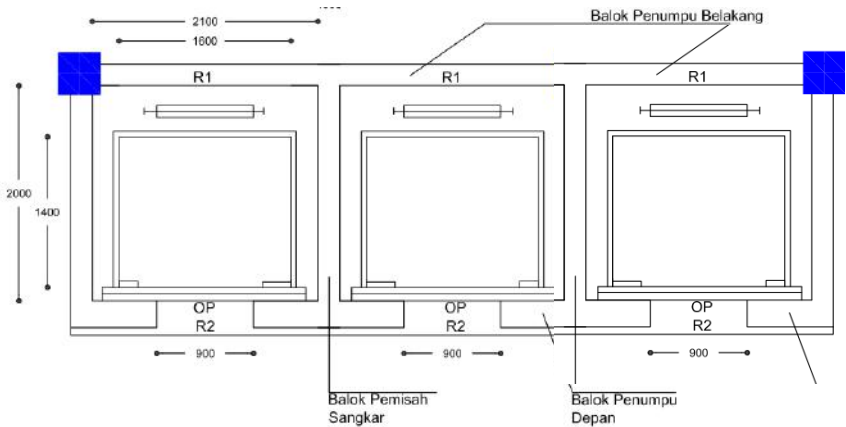
**Tabel 5.1** Spesifikasi C300 Passenger Elevator

*Sumber : Asia Schneider (Thailand) Co.,Ltd.*

### C300 Passenger Elevator Technical Specification(For wide car)

Type	Capacity kg	Speed m/s	Motor kW	Car size mm			Hoistway size mm				Max.steps	Maxrise m	Reaction force kN			
				CV	CD	OP	HW	HD	PD	QH			R1	R2	R3	R4
P0630W10S-CO	630	1.00	7.5						1300	4400	14	40				
P0630W15S-CO		1.50	11	1400	1100	800	1850	1700	1400	4500	20	60	74	60	48	33
P0630W17S-CO		1.75	15						1500	4600	24	75				
P0800W10S-CO	800	1.00	11						1300	4400	14	40				
P0800W15S-CO		1.50	15	1400	1350	800	1850	1950	1400	4500	20	60	82	66	52	38
P0800W17S-CO		1.75	15						1500	4600	24	75				
P1000W10S-CO	1000	1.00	11						1300	4400	14	40				
P1000W15S-CO		1.50	18.5	1600	1400	900	2100	2000	1400	4500	20	60	101	81	58	40
P1000W17S-CO		1.75	18.5						1500	4600	24	75				

Notice: Above dimension is only for conference, if you need trim size. Please contact us.



**Gambar 5.6 Denah Lift**

### Perencanaan Dimensi Balok Lift

#### ▪ Balok Penumpu Depan dan Belakang

$$h_{\min} = \frac{1}{16} \times 780 \text{ cm} = 49,0625 \text{ cm} \approx 80 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} \times 49,0625 = 32,701 \text{ cm} \approx 60 \text{ cm}$$

Dirancang dimensi balok 60/80 cm

#### ▪ Balok Penggantung Lift

Panjang balok penggantung lift = 295 cm

$$h_{\min} = \frac{1}{16} \times 295 \text{ cm} = 18,44 \text{ cm} \approx 40 \text{ cm}$$

$$b = \frac{2}{3} h = \frac{2}{3} \times 18,44 = 12,29 \text{ cm} \approx 30 \text{ cm}$$

Dirancang dimensi balok 30/40 cm

### 5.2.2 Pembebanan Lift

#### 1. Beban yang bekerja pada balok penumpu

Beban yang bekerja merupakan beban akibat dari mesin penggerak lift + berat kereta luncur + perlengkapan, dan akibat bandul pemberat + perlengkapan.

#### 2. Koefisien kejut beban hidup oleh keran

Pasal 3.3.(3) PPIUG 1983 menyatakan bahwa beban keran yang membebani struktur pemikulnya terdiri dari berat sendiri keran ditambah muatan yang diangkatnya, dalam kedudukan keran induk dan keran angkat yang paling menentukan bagi struktur yang ditinjau. Sebagai beban rencana harus diambil beban keran tersebut dengan mengalikannya dengan suatu koefisien kejut yang ditentukan dengan rumus berikut :

$$\Psi = (1 + k_1 k_2 v) \geq 1,15$$

Dimana :

$\Psi$  = koefisien kejut yang nilainya tidak boleh diambil kurang dari 1,15.

$v$  = kecepatan angkat maksimum dalam m/det pada pengangkatan muatan maksimum dalam kedudukan keran induk dan keran angkat yang paling menentukan bagi struktur yang ditinjau, dan nilainya tidak perlu diambil lebih dari 1,00 m/s.

$k_1$  = koefisien yang bergantung pada kekakuan struktur keran induk, yang untuk keran induk dengan struktur rangka, pada umumnya nilainya dapat diambil sebesar 0,6.

$k_2$  = koefisien yang bergantung pada sifat mesin angkat dari keran angkatnya, dan diambil sebesar 1,3

Jadi, beban yang bekerja pada balok adalah :

$$\begin{aligned} P &= \sum R \times \Psi = (5800 + 4600) \times (1 + 0,6 \times 1,3 \times 1) \\ &= 18512 \text{ kg} \end{aligned}$$

### 5.2.3 Balok Penggantung Lift 30/40

#### a. Pembebanan

Beban mati lantai :

$$\begin{aligned}
 \text{Berat pelat} &= 0,12 \times 2400 &= 288 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Aspal (t=2cm)} &= 0,02 \times 1400 &= 28 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Spesi (t=2cm)} &= 0,02 \times 2100 &= 42 \text{ kg/m}^2 \\
 \text{Ducting + Plumbing} & &= 30 \text{ kg/m}^2 + \\
 & &= 388 \text{ kg/m}^2 \\
 Q &= 388 \times 2 \text{ m} &= 776 \text{ kg/m} \\
 \text{Akibat balok} &= 0,3 \times 0,4 \times 2400 &= 288 \text{ kg/m} + \\
 Q_d & &= 1064 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban Hidup ( $q_1$ ) :

$$Q_1 = 250 \text{ kg/m}$$

Beban berfaktor

$$\begin{aligned}
 q_u &= 1,2 q_d + 1,6 q_L \\
 &= 1,2 \times 1064 + 1,6 \times 250 \\
 &= 1676,8 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban terpusat lift  $P = 18512 \text{ kg}$

$$\begin{aligned}
 V_u &= \frac{1}{2} q_u L + \frac{1}{2} P \\
 &= \frac{1}{2} \times 1676,8 \times 2 + \frac{1}{2} \times 18512 \\
 &= 10932,8 \text{ kg} \\
 M_u &= \frac{1}{8} q_u L^2 + \frac{1}{4} PL \\
 &= \frac{1}{8} \times 1676,8 \times 2^2 + \frac{1}{4} \times 18512 \times 2 \\
 &= 10094,4 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

**Data Perencanaan :**

$$\begin{aligned}
 f_c' &= 40 \text{ Mpa} \\
 f_y &= 400 \text{ Mpa}
 \end{aligned}$$

$$\text{Tul. balok diameter } (D_{16}) = 16 \text{ mm}$$

$$\text{Tul. sengkang diameter } (\emptyset_8) = 8 \text{ mm}$$

$$b = 30 \text{ cm}$$

$$h = 40 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} d' &= h' + \emptyset_{\text{sengkang}} + \frac{1}{2}\emptyset_{\text{tul. utama}} \\ &= 40 + 8 + 0,5 \times 16 = 56 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$d = 400 - 56 = 344 \text{ mm}$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\begin{aligned} \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 40}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right) = 0,04335 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75\rho_b = 0,75 \times 0,04335 = 0,0325125$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned} \rho_{\min} &= \frac{0,25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y} \\ &= \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{400} = 0,00395 \end{aligned}$$

$\rho_{\min}$  dipilih yang memiliki nilai terbesar, yaitu 0,00395

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,7647$$

**b. Perhitungan Tulangan Lentur**

$$R_n = \frac{M_u}{b \times d^2} = \frac{100944000}{0,8 \times 300 \times 344^2} = 3,55$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{11,7647} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,7647 \times 3,55}{400}} \right) = 0,00939$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,00939 > \rho_{\text{min}} = 0,0036$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,00939 \times 300 \times 344 = 969,048 \text{ mm}^2$$

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 7.6.5 adalah :

$$n \text{ tulangan} = \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{s \phi 16}}$$

$$= \frac{969,048}{201,06} = 4,8196 \approx \text{dipakai 5 buah}$$

Spasi bersih antar tulangan

$$S = \frac{b_w - 2\phi_{\text{senggang}} - 2 \times \text{decking} - n \times t_{\text{tul.utama}}}{n - 1} \geq 25 \text{ mm}$$

$$= \frac{300 - 2 \times 8 - 2 \times 40 - 5 \times 16}{5 - 1} = 31 \geq 25 \text{ mm}$$

Maka dipasang tulangan 5 D16 (1005,3 cm<sup>2</sup>)

**c. Perhitungan Tulangan Geser**

$$V_u = 109328 \text{ N}$$



$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f'c} \times b_w \times d \\
 &= \frac{1}{6} \times \sqrt{40} \times 300 \times 344 \\
 &= 108782,35 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 0,6 \times 108782,35 \\
 &= 65269,41 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi V_{s \min} &= 0,6 \times 1/3 \times 300 \times 344 \\
 &= 20640 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\phi V_c + \phi V_{s \min} = 85909,41 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 &\phi \left( V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f'c} \times b_w \times d \right) \\
 &= 0,6 \left( 108782,35 + \frac{1}{3} \sqrt{40} \times 300 \times 344 \right) \\
 &= 195808,232 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\phi(V_c + V_{s \min}) < V_u < \phi \left( V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f'c} \times b_w \times d \right)$$

Maka perlu tulangan geser

$$\phi V_{s \text{ perlu}} = V_u - \phi V_c$$

$$\phi V_{s \text{ perlu}} = 109328 - 65269,41 = 44058,59 \text{ N}$$

$$V_{s \text{ perlu}} = 73430,983 \text{ N}$$

$$\text{Syarat } s_{\max} < d/2 = 344/2 = 172 \text{ mm dan } s_{\max} < 600 \text{ mm}$$

$$A_v = 2 \times 1/4 \times \pi \times 8^2 = 100,53 \text{ mm}^2$$

Pasang  $\phi 8 - 160 \text{ mm}$

Kontrol  $V_s$

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} = \frac{100,53 \times 400 \times 344}{160} = 86455,8 \text{ N} > V_{s \text{ perlu}}$$

Sehingga untuk perencanaan penulangan balok penggantung lift digunakan tulangan lentur dan tulangan geser dengan perincian sebagai berikut :

➤ Tulangan lentur 5D16

- Tulangan geser  $\phi 8 - 160$

#### d. Kontrol Lendutan dan Retak

- Kontrol lendutan

Komponen struktur beton yang mengalami lentur harus dirancang agar memiliki kekakuan cukup untuk batas deformasi yang akan memperlemah kemampuan layan struktur saat bekerja. Sesuai SNI 03-2847-2013 tabel 9.5(a), syarat tebal minimum balok apabila lendutan tidak dihitung adalah sebagai berikut :

Balok dengan dua tumpuan

$$h_{min} = \frac{1}{16} \times L_b$$

Lendutan tidak perlu dihitung sebab sejak preliminary design telah direncanakan agar tinggi dari masing-masing tipe balok lebih besar dari persyaratan  $h_{min}$

- Kontrol Retak

##### Untuk daerah lapangan

$$d_c = 40 + 8 + \frac{1}{2} (16) = 56 \text{ mm}$$

$$f_s = 0,6 \times 400 \text{ MPa} = 240 \text{ MPa}$$

$$A = \frac{2 \times d_c \times b}{n} = \frac{2 \times 0,056 \times 0,3}{5} = 0,00672 \text{ m}^2$$

$$Z = f_s \times \sqrt{d_c \times A} = 234 \times \sqrt{0,056 \times 0,00672} \\ = 4,54 \text{ MN/m} \leq 30 \text{ MN/m} \quad (\text{OK})$$

### 5.2.4 Balok Penumpu Depan dan Belakang Lift 60/80

#### a. Pembebanan

Beban mati lantai :

$$\text{Berat pelat} = 0,12 \times 2400 = 288 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Aspal (t=2cm)} = 0,02 \times 1400 = 28 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Spesi (t=2cm)} = 0,02 \times 2100 = 42 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{Ducting + Plumbing} = \underline{\underline{30 \text{ kg/m}^2 +}}$$

$$\begin{aligned}
 Q &= 388 \times 7,8 = 3026,4 \text{ kg/m} \\
 \text{Akibat balok} &= 0,6 \times 0,8 \times 2400 = 1152 \text{ kg/m} \\
 Q_d &= 388 \text{ kg/m}^2 = 3026,4 \text{ kg/m} + 1152 \text{ kg/m} = 4178,4 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban Hidup ( $q_1$ ) :

$$Q_1 = 250 \text{ kg/m}$$

Beban berfaktor

$$\begin{aligned}
 q_u &= 1,2 q_d + 1,6 q_L \\
 &= 1,2 \times 4178,4 + 1,6 \times 250 \\
 &= 5414,08 \text{ kg/m}
 \end{aligned}$$

Beban terpusat lift P

$$\begin{aligned}
 P &= \sum R \times \Psi = (4600) \times (1 + 0,6 \times 1,3 \times 1) \\
 &= 8188 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_u &= \frac{1}{2} q_u L + \frac{1}{2} P \\
 &= \frac{1}{2} \times 5414,08 \times 7,8 + \frac{1}{2} \times 8188 \\
 &= 25208,9 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_u &= \frac{1}{8} q_u L^2 + \frac{1}{4} PL \\
 &= \frac{1}{8} \times 5414,08 \times 7,8^2 + \frac{1}{4} \times 8188 \times 7,8 \\
 &= 57140,68 \text{ kgm}
 \end{aligned}$$

**Data Perencanaan :**

$$f_c' = 40 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 400 \text{ Mpa}$$

$$\text{Tul. balok diameter } (D_{16}) = 16 \text{ mm}$$

$$\text{Tul. sengkang diameter } (\emptyset_8) = 8 \text{ mm}$$

$$b = 60 \text{ cm}$$

$$h = 80 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned}
 d' &= h' + \emptyset_{\text{sengkang}} + \frac{1}{2}\emptyset_{\text{tul. utama}} \\
 &= 40 + 8 + 0,5 \times 16 = 56 \text{ mm} \\
 d &= 800 - 56 = 744 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\beta_1 = 0,85$$

$$\begin{aligned}
 \rho_b &= \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\
 &= \frac{0,85 \times 0,85 \times 40}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right) = 0,04335
 \end{aligned}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,04335 = 0,0325$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{400} = 0,0035$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\min} &= \frac{0,25 \times \sqrt{f_c'}}{f_y} \\
 &= \frac{0,25 \times \sqrt{40}}{400} = 0,00395
 \end{aligned}$$

$\rho_{\min}$  dipilih yang memiliki nilai terbesar, yaitu 0,00395

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,7647$$

#### b. Perhitungan Tulangan Lentur

$$R_n = \frac{M_u}{b \times d^2} = \frac{571406800}{0,8 \times 600 \times 744^2} = 2,15$$

$$\begin{aligned}
 \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\
 &= \frac{1}{11,7647} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,7647 \times 2,15}{400}} \right) = 0,005556
 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{perlu}} = 0,005556 > \rho_{\text{min}} = 0,00395$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,005556 \times 600 \times 744 = 2480,1984 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Menurut SNI 03-2847-2013 pasal 7.6.5 adalah :

$$\begin{aligned} n \text{ tulangan} &= \frac{A_{s_{\text{perlu}}}}{A_{s_{\phi 16}}} \\ &= \frac{2480,1984}{201,06} = 12,335 \approx \text{dipakai 13 buah} \end{aligned}$$

Spasi bersih antar tulangan

$$\begin{aligned} S &= \frac{b_w - 2\phi_{\text{sengakang}} - 2 \times \text{decking} - n \times t_{\text{tul.utama}}}{n - 1} \geq 25 \text{ mm} \\ &= \frac{600 - 2 \times 8 - 2 \times 40 - 13 \times 16}{13 - 1} = 25 \geq 25 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan ganda 13 D 16 (2613,78 cm<sup>2</sup>)

#### d. Perhitungan Tulangan Geser

$$\begin{aligned} V_u &= 252089 \text{ N} \\ V_c &= \frac{1}{6} \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d \\ &= \frac{1}{6} \times \sqrt{40} \times 600 \times 744 \\ &= 470546,9158 \text{ N} \\ \phi V_c &= 0,6 \times 470546,9158 \\ &= 282328,1495 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \phi \left( V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \times bw \times d \right) \\
& = 0,6 \left( 470546,9158 + \frac{1}{3} \sqrt{40} \times 600 \times 744 \right) \\
& = 846984,4485 \text{ N} \\
& \phi(V_c + V_{s \text{ min}}) < V_u < \phi \left( V_c + \frac{1}{3} \sqrt{f_c'} \times bw \times d \right)
\end{aligned}$$

Maka perlu tulangan geser

$$\phi V_{s \text{ perlu}} = V_u - \phi V_c$$

$$\phi V_{s \text{ perlu}} = 252089 - 282328,1495 = -30239,1495 \text{ N}$$

$$V_{s \text{ perlu}} = -50398,5825 \text{ N}$$

$$\text{Syarat } s_{\max} < d/2 = 344/2 = 172 \text{ mm dan } s_{\max} < 600 \text{ mm}$$

$$A_v = 2 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 8^2 = 100,53 \text{ mm}^2$$

$$\text{Pasang } \phi 8 - 160 \text{ mm}$$

Kontrol  $V_s$

$$V_s = \frac{A_v \times f_y \times d}{s} = \frac{100,53 \times 400 \times 744}{300} = 99725,76 \text{ N} > V_s$$

Sehingga untuk perencanaan penulangan balok penggantung lift digunakan tulangan lentur dan tulangan geser dengan perincian sebagai berikut :

- Tulangan lentur 13D16
- Tulangan geser  $\phi 8 - 300$

#### e. Kontrol Lendutan dan Retak

- Kontrol lendutan

Komponen struktur beton yang mengalami lentur harus dirancang agar memiliki kekakuan cukup untuk batas deformasi yang akan memperlemah kemampuan layan struktur saat bekerja. Sesuai SNI 03-2847-2013 tabel 9.5(a), syarat tebal

minimum balok apabila lendutan tidak dihitung adalah sebagai berikut :

Balok dengan dua tumpuan

$$h_{mun} = \frac{1}{16} \times L_b$$

Lendutan tidak perlu dihitung sebab sejak preliminary design telah direncanakan agar tinggi dari masing-masing tipe balok lebih besar dari persyaratan  $h_{min}$

- Kontrol Retak

Untuk daerah lapangan

$$d_c = 40 + 8 + \frac{1}{2} (16) = 56 \text{ mm}$$

$$f_s = 0,6 \times 400 \text{ MPa} = 240 \text{ MPa}$$

$$A = \frac{2 \times d_c \times b}{n} = \frac{2 \times 0,056 \times 0,3}{5} = 0,00672 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} Z &= f_s \times \sqrt{d_c \times A} = 234 \times \sqrt{0,056 \times 0,00672} \\ &= 4,54 \text{ MN/m} \leq 30 \text{ MN/m} \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

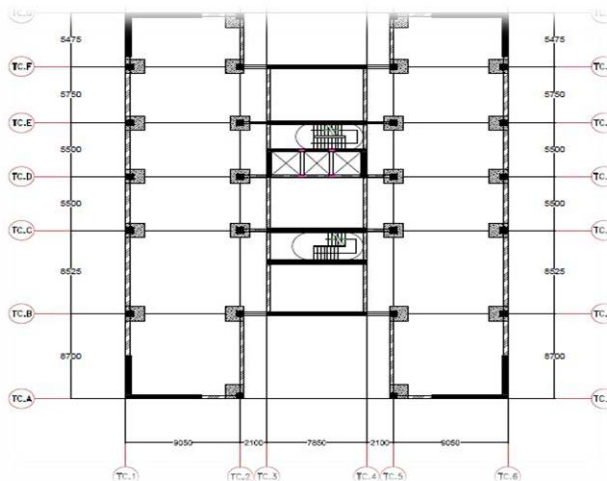
## BAB VI

### PEMODELAN STRUKTUR

Struktur yang direncanakan adalah bangunan perkantoran yang terdiri dari, 16 lantai apartemen dan 1 lantai parkir dengan total tinggi struktur 48 meter. Denah dari struktur yang ada dalam permodelan tugas akhir penulis adalah sebagai berikut.

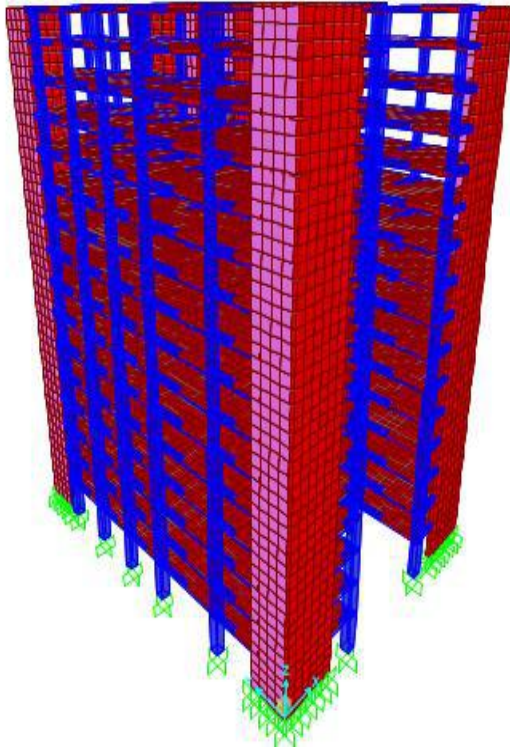
Pada gambar 6.1 arah vertikal mengikuti arah sumbu Y global (sumbu model) dan sumbu X adalah arah horisontal gambar. Permodelan struktur apartemen “ The Aspen @ Admiralty “ dilakukan menggunakan program bantu SAP 2000. Pada program SAP 2000, struktur perkantoran akan dimodelkan sesuai dengan kondisi yang nyata. Program ini akan membantu dalam beberapa perhitungan yang akan digunakan untuk mengecek apakah struktur sudah memenuhi persyaratan yang ada di SNI-1726-2012 (Gempa).

Berikut adalah pemodelan yang sudah dilakukan dalam program SAP 2000 :



**Gambar 6.1** Denah struktur apartemen “The Aspen@ Admiralty”





**Gambar 6.2** Dimensi struktur apartemen “The Aspen @ Admiralty

### 6.1 Perhitungan Berat Struktur

Data perencanaan struktur seperti data luas lantai, tinggi struktur, panjang balok tepi, dan kolom merupakan data data yang diperlukan dalam perhitungan berat struktur. Setelah perhitungan berat struktur diketahui dapat di lakukan analisa terhadap beban gempa. Berikut data data beserta perhitungan berat struktur. :

### 6.1.1 Berat Total Bangunan

	TINGGI TIAP LANTAI (m)	LUAS TIAP LANTAI (m <sup>2</sup> )	JUMLAH KOLOM (Buah)
Lantai 1	3,5	1018,60875	24
Lantai 2-15	3	1018,60875	24
Lantai 16	2,5	1018,60875	24

**Tabel 6.1** Data Tinggi, Luas dan Jumlah Kolom Struktur

Perhitungan nilai total berat bangunan ini akan digunakan untuk menentukan gaya geser statik. Nilai tersebut digunakan untuk mengecek apakah perhitungan struktur apartemen “The Aspen @ Admiralty yang menggunakan pembebanan gempa dinamik gaya geser nya sudah mencapai 85% gaya geser statik.

Pada tugas akhir ini perhitungan berat struktur diambil dari hasil analisis gempa static ekuivalen.

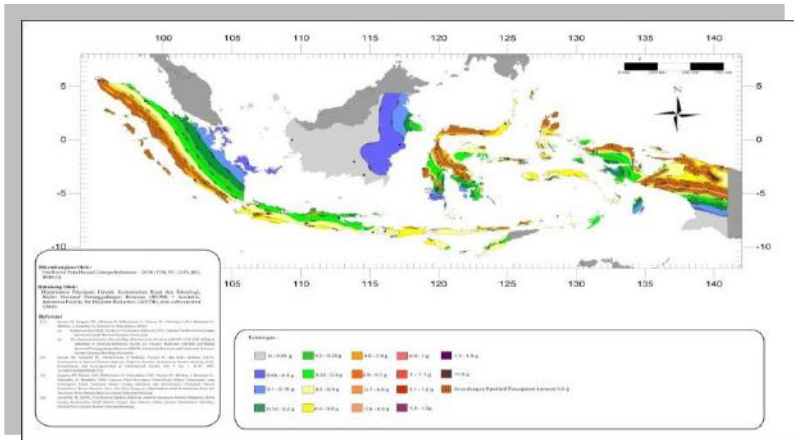
### 6.1.2 Kombinasi Pembebanan

Kombinasi pembebanan diperlukan dalam sebuah perencanaan struktur bangunan. Pada saat konstruksi, tentunya beban-beban yang bekerja pada struktur hanyalah beban-beban mati saja dan beban hidup sementara akibat dari pekerja bangunan. Sedangkan pada masa layan, beban-beban hidup permanen dari aktifitas pemakai gedung dan barang-barang inventaris yang dapat bergerak di dalam gedung. Hal ini tentunya akan berdampak pada kekuatan rencana elemen struktur yang direncanakan berdasarkan kombinasi pembebanan terbesar akibat penjumlahan beban-beban yang bekerja dengan faktor beban LRFD (*Load Resistance Factor Design*).

Kombinasi pembebanan yang dipakai pada struktur gedung ini mengacu pada SNI 03-1729-2012 bangunan tahan gempa sebagai berikut :



respons spektral 0,2 detik dalam g, (5% redaman kritis), Kelas situs SE. Dari gambar 6.1 untuk daerah Jakarta didapatkan nilai  $S_s = 0,686$  g.



**Gambar 6.4** Peta untuk Menentukan  $S_1$

Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko tersesuaian (MCER) parameter gerak tanah, untuk percepatan respons spektral 1 detik dalam g ( 5% redaman kritis), kelas situs SE. Dari gambar 6.3 untuk wilayah Jakarta  $S_1 = 0,3$

### 6.3 Pembebanan Gempa Dinamis

Pada struktur apartemen “ The Aspen @ Admiralty “ ini mempunyai jumlah lantai 16 tingkat dan dengan ketinggian 48 m. Perhitungan beban gempa pada struktur ini ditinjau dengan pengaruh gempa dinamik sesuai SNI 03-1726-2012. Analisisnya dilakukan berdasarkan analisis respon dinamik dengan parameter-parameter yang sudah ditentukan.

#### 6.3.1 Arah pembebanan

Beban gempa yang bekerja pada struktur bangunan terjadi dalam arah sembarang (tidak terduga) baik dalam arah x dan y secara bolak-balik dan periodikal. Untuk mensimulasikan arah

pengaruh gempa rencana yang sembarang terhadap struktur gedung, pengaruh pembebanan gempa rencana dalam arah utama harus dianggap efektif 100% dan harus dianggap terjadi bersamaan dengan pengaruh pembebanan gempa yang arahnya tegak lurus dengan arah utama dengan efektifitas 30%.

- Gempa Respon Spektrum X :  
100% efektifitas untuk arah X dan 30% efektifitas arah Y
- Gempa Respon Spektrum Y :  
100% efektifitas untuk arah Y dan 30% efektifitas arah X

### 6.3.2 Parameter Respon Spektrum Rencana

Parameter respon spektrum rencana digunakan untuk menentukan gaya gempa rencana yang bekerja pada struktur. Pada tugas akhir ini, perhitungan gaya gempa digunakan analisis dinamik sesuai persyaratan SNI 03-1726-2012. Berikut adalah nilai parameter respon spektrum untuk wilayah surabaya dengan kondisi tanah lunak (kelas situs E) :

➤ PGA (g)	= 0.326
➤ $S_s$ (g)	= 0.686
➤ $S_1$ (g)	= 0.3
➤ $CR_s$	= 0.992
➤ $CR_1$	= 0.929
➤ FPGA	= 1.123
➤ FA	= 1.328
➤ FV	= 2.8
➤ SMS (g)	= 0.911
➤ PSA (g)	= 0.366
➤ $S_{M1}$ (g)	= 0.746
➤ $S_{DS}$ (g)	= 0.6073
➤ $S_{D1}$ (g)	= 0.56
➤ $T_0$ (detik)	= 0.164
➤ $T_s$ (detik)	= 0.819
➤ $S_s$ (g)	= 0.686
➤ $S_1$ (g)	= 0.3

### 6.3.3 Faktor Reduksi Gempa (R)

Gedung ini direncanakan dengan sistem rangka beton pracetak pemikul momen khusus. Berdasarkan tabel 9 SNI 03-1726-2012 didapatkan nilai faktor pembesaran defleksi ( $C_d$ ) = 5,5 nilai koefisien modifikasi respon ( $R$ ) = 6 dan nilai faktor kuat lebih sistem ( $\Omega$ ) = 2,5

### 6.3.4 Faktor Keutamaan (I)

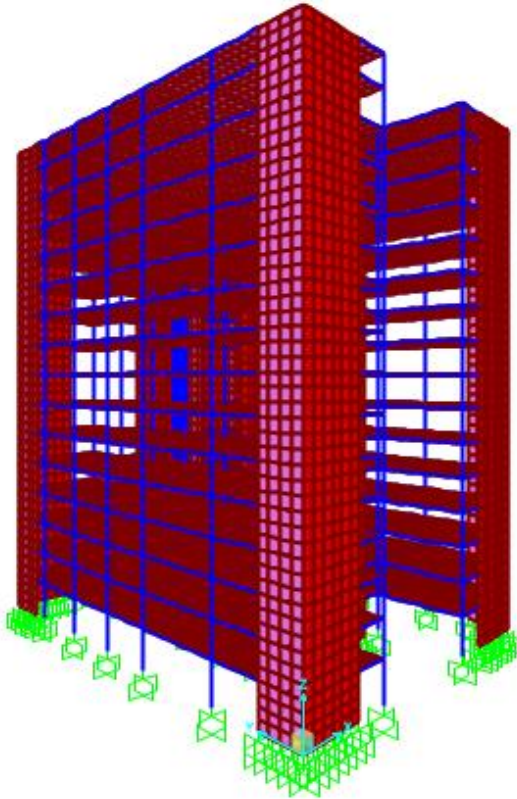
Untuk berbagai kategori risiko struktur bangunan gedung dan non gedung pengaruh gempa rencana terhadapnya harus dikalikan dengan suatu faktor keutamaan  $I_e$ . Gedung ini direncanakan sebagai bangunan perkantoran. Pada tabel 1 SNI 03-1726-2012 bangunan ini termasuk kategori II sehingga didapat nilai  $I = 1$ .

## 6.4 Kontrol Desain

Setelah dilakukan pemodelan struktur 3 dimensi dengan program bantu SAP 2000, hasil analisis struktur harus dikontrol terhadap suatu batasan-batasan tertentu sesuai dengan peraturan SNI 03-1726-2012 untuk menentukan kelayakan sistem struktur tersebut. Adapun hal-hal yang harus dikontrol adalah sebagai berikut :

- Kontrol partisipasi massa.
- Kontrol periode getar struktur.
- Kontrol Pembebanan SAP dan Manual
- Kontrol nilai akhir respon spektrum.
- Kontrol batas simpangan (*drift*)

Dari analisis tersebut juga diambil gaya dalam yang terjadi pada masing-masing elemen struktur untuk dilakukan pengecekan kapasitas penampang.



**Gambar 6.5** Hasil analisis struktur menggunakan program bantu SAP2000

#### **6.4.1 Kontrol Partisipasi Massa**

Menurut SNI 1726 ps 7.9.1, bahwa perhitungan respon dinamik struktur harus sedemikian rupa sehingga partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90% dari massa aktual dari masing-masing arah

Dalam hal ini digunakan bantuan program SAP 2000 untuk mengeluarkan hasil partisipasi massa seperti pada Tabel 6.10 berikut :

**Tabel 6.2** Rasio partisipasi massa apartemen

<b>Output Case</b>	<b>Step Num</b>	<b>Period</b>	<b>Sum UX</b>	<b>Sum UY</b>
Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless
MODAL	1	0.91548	0.004	0.682
MODAL	2	0.88622	0.597	0.684
MODAL	3	0.79184	0.655	0.688
MODAL	4	0.780795	0.655	0.688
MODAL	5	0.746271	0.655	0.688
MODAL	6	0.69242	0.655	0.688
MODAL	7	0.445035	0.655	0.688
MODAL	8	0.406444	0.655	0.688
MODAL	9	0.375436	0.655	0.688
MODAL	10	0.301945	0.655	0.689
MODAL	11	0.267676	0.656	0.689
MODAL	12	0.244458	0.656	0.809
MODAL	13	0.222032	0.656	0.809
MODAL	14	0.175324	0.808	0.813
MODAL	15	0.169981	0.81	0.824
MODAL	16	0.141504	0.815	0.849
MODAL	17	0.103883	0.816	0.85
MODAL	18	0.081785	0.874	0.851
MODAL	19	0.065405	0.875	0.911
MODAL	20	0.051169	0.977	0.912



Dari tabel di atas didapat partisipasi massa arah X sebesar 97,7 % pada moda ke 20 dan partisipasi massa arah Y sebesar 91 % pada moda ke 19. Maka dapat disimpulkan analisis struktur yang sudah dilakukan telah memenuhi syarat yang terdapat pada SNI-03-1726-2012 pasal 7.9.1 yaitu partisipasi massa ragam terkombinasi paling sedikit sebesar 90%.

#### 6.4.2 Kontrol Waktu Getar Alami Fundamental

Untuk mencegah penggunaan struktur gedung yang terlalu fleksibel, nilai waktu getar alami fundamental (T) dari struktur gedung harus dibatasi. Berdasarkan SNI 03-1726-2012, periode fundamental struktur harus ditentukan dari :

$$T = C_t \times h_n^x$$

Nilai T di atas adalah batas bawah periode struktur yang ditinjau. Untuk batas atas nya dikalikan dengan koefisien batas. Besarnya koefisien tersebut tergantung dari nilai  $S_{D1}$ .

Struktur perkantoran MNC Tower memiliki tinggi dari basement hingga atas gedung adalah 57 m. Pada struktur ini digunakan tipe struktur rangka beton pemikul momen sehingga pada tabel 15 SNI 03-1726-2012 didapatkan nilai :

$$C_t = 0,0488^a$$

$$x = 0,75$$

$$h_n = 48 \text{ m}$$

maka :

$$T = 0,0488 \times 48^{0,75}$$

$$= 0,88992$$

Nilai  $C_u$  didapat dari tabel 14 SNI 03-1726-2012, untuk nilai  $S_{D1} = 0,56$ , maka :

$$C_u \times T = 1,4 \times 0,88992 = 1,245887 \text{ s}$$

Dari hasil analisis SAP 2000 didapat :

**Tabel 6.3** Periode dan Frekuensi Struktur

<b>Step Num</b>	<b>Period</b>
Unitless	Sec
1	1.206
2	0.7165
3	0.673
4	0.451
5	0.402
6	0.40168
7	0.40165
8	0.4061
9	0.40157
10	0.40153
11	0.4015
12	0.4014
13	0.4014
14	0.40136
15	0.40133
16	0.40131
17	0.4013
18	0.3984
19	0.3197
20	0.1682

Dari tabel di atas didapat  $T = 1,206$  s. Maka berdasarkan kontrol waktu getar alami fundamental nilai  $T$  masih lebih kecil dari  $C_u \times T$ . Jadi analisis struktur apartemen “ The Aspen @ Admiralty” masih memenuhi syarat SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.2.

### 6.4.3 Kontrol Pembebanan Manual dan SAP

**Tabel 6.4** Pembebanan Menggunakan SAP 2000

OutputCase	GlobalFX	GlobalFY	GlobalFZ
Text	Kgf	Kgf	Kgf
Envelope	1840929,21	1735919,41	30702795,28
Envelope	-1840929,21	-1735919,41	13093113,11

Total berat Apartemen “ The Aspen @Admiralty “ berdasarkan reaksi Vertikal yang terjadi pada perletakan di SAP adalah :

$$W_{\text{total SAP}} = 30702795 \text{ kg}$$

$$W_{\text{total Manual}} = 30019154 \text{ kg}$$

Selisih antara Hitungan SAP dan manual sebesar 2,23 %

### 6.4.4 Kontrol Nilai Akhir Respon Spektrum

Berdasarkan SNI 03-1726-2012, nilai akhir respon dinamik struktur gedung dalam arah yang ditetapkan tidak boleh kurang dari 85% nilai respons statik. Rumus gaya geser statik adalah :

$$V = C_s \times W \quad (\text{SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8.1})$$

Dimana :

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,6073}{\left(\frac{6}{1}\right)} = 0,1012$$

Nilai  $C_s$  di atas nilainya tidak perlu diambil lebih besar dari:

$$C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0,56}{1,2458\left(\frac{6}{1}\right)} = 0,0749 < 0,1012$$

Maka diambil  $C_s = 0,0749$

Dan tidak lebih kecil dari :

$$C_s = 0,044 \times S_{DS} \times I_e$$

$$= 0,044 \times 0,6073 \times 1$$

$$= 0,026723 < 0,0749 \text{ (OK)}$$

Maka nilai  $C_s$  diambil 0,0749

Dari analisis yang sudah dilakukan, didapatkan nilai berat total struktur apartemen “The Aspen @ Admiralty” adalah :

**Tabel 6.5** Reaksi Dasar Struktur

<b>OutputCase</b>	<b>GlobalFX</b>	<b>GlobalFY</b>	<b>GlobalFZ</b>
Text	Kgf	Kgf	Kgf
Envelope	1840929,21	1735919,41	30702795,28
Envelope	-1840929,21	-1735919,41	13093113,11

Dari tabel di atas didapat berat total struktur dari perhitungan pembebanan adalah kg. Maka :

$$V_{statik} = C_s \times W$$

$$= 0,086 \times 28705490$$

$$= 2150418,348 \text{ kg}$$

Dari hasil analisis menggunakan program SAP 2000 didapatkan nilai gaya geser dasar (base shear) sebagai berikut :

**Tabel 6.6** Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa

<b>Beban Gempa</b>	<b>Global FX</b>	<b>Global FY</b>
Text	Kgf	Kgf
GEMPA X	1840929.21	491437.28
GEMPA Y	662430.94	1735919.41

Kontrol :

- Untuk gempa arah X :

$$V_{dinamik} \geq 85\% V_{Statik}$$

$$1840929,21 \geq 85\% \times 2150418,34$$

$$1840929,21 \geq 1827855,595 \text{ kg ( OK )}$$

- Untuk gempa arah Y :

$$V_{dinamik} \geq 85\% V_{Statik}$$

$$1735919,41 \geq 85\% \times 2150418,34$$

$$1735919,41 \geq 1827855,595 \text{ kg (Not OK)}$$

Dari kontrol di atas, analisis apartemen “ The Aspen @ Admiralty masih belum memenuhi syarat nilai akhir respon. Pada Pasal 11.1.4 SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.4.2 dijelaskan apabila gaya geser dasar hasil analisis kurang dari 85%, maka harus diperbesar dengan faktor skala  $0,85 \times \frac{C_s \times W}{V}$

- Untuk gempa arah Y :

$$0,85 \times \frac{0,0749 \times 2150418,34}{1735919,41} = 0,07886$$

Setelah dikali faktor skala di atas didapatkan gaya geser dasar sebagai berikut :

**Tabel 6.7** Gaya Geser Dasar Akibat Beban Gempa Setelah Dikalikan dengan Faktor Skala

<b>Beban Gempa</b>	<b>Global FX</b>	<b>Global FY</b>
Text	Kgf	Kgf
GEMPA X	1840929.21	491437.28
GEMPA Y	684420,91	1823754

Kontrol :

- Untuk gempa arah X :

$$V_{dinamik} \geq 85\% V_{Statik}$$

$$1840929,21 \geq 85\% \times 2150418,34$$

$$1840929,21 \geq 1827855,595 \text{ kg (OK)}$$

- Untuk gempa arah Y :

$$V_{dinamik} \geq 85\% V_{Statik}$$

$$18237954 \geq 85\% \times 2150418,34$$

$$18237954 \geq 1827855,595 \text{ kg (OK)}$$

Dari kontrol di atas dapat disimpulkan bahwa analisis struktur apartemen “ The Aspen @ Admiralty “ memenuhi persyaratan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.8

#### 6.4.5 Kontrol Batas Simpangan Antar Lantai (*Drift*)

Pembatasan simpangan antar lantai suatu struktur bertujuan untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni.

Berdasarkan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.3 untuk memenuhi persyaratan simpangan digunakan rumus :

$$\Delta_i \leq \Delta_a$$

Dimana :

$\Delta_i$  = Simpangan yang terjadi

$\Delta_a$  = Simpangan ijin antar lantai

Perhitungan  $\Delta_i$  untuk tingkat 1 :

$$\Delta_1 = \frac{C_d \times \delta_{e1}}{I}$$

Perhitungan  $\Delta_i$  untuk tingkat 2 :

$$\Delta_2 = \delta_{e2} - \delta_{e1} \times \frac{C_d}{I}$$

Dimana :

$\delta_{e1}$  = Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 1

$\delta_{e2}$	=	Simpangan yang dihitung akibat beban gempa tingkat 2
$C_d$	=	Faktor pembesaran defleksi
$I$	=	Faktor keutamaan gedung

Untuk sistem rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah, dari tabel 9 SNI 03-1726-2012 didapatkan nilai  $C_d = 4,5$  dan dari tabel 2 SNI 03-1726-2012 didapat nilai  $I = 1$ . Dari tabel 16 SNI 03-1726-2012 untuk sistem struktur yang lain simpangan antar tingkat ijinnya adalah :

$$\Delta_a = 0,02 \times h_{sx}$$

Dimana :

$h_{sx}$  = Tinggi tingkat dibawah tingkat x

- Untuk tinggi tingkat 4 m, simpangan ijinnya adalah :

$$\Delta_a = 0,02 \times 3,5$$

$$= 0,07 \text{ m}$$

$$= 70 \text{ mm}$$

- Untuk tinggi tingkat 3 m, simpangan ijinnya adalah :

$$\Delta_a = 0,02 \times 3$$

$$= 0,06 \text{ m}$$

$$= 60 \text{ mm}$$

- Untuk tinggi tingkat 2,5 m, simpangan ijinnya adalah :

$$\Delta_a = 0,02 \times 2,5$$

$$= 0,05 \text{ m}$$

$$= 50 \text{ mm}$$

Dari analisis akibat beban lateral (beban gempa) dengan program SAP 2000, diperoleh nilai simpangan yang terjadi pada struktur yaitu sebagai berikut :

**Tabel 6.8** Simpangan Antar Lantai Yang Terjadi Akibat Beban

<b>Lantai</b>	<b>Tinggi Lantai</b>	<b>Gempa Arah X</b>		<b>Gempa Arah Y</b>	
	<b>Zi</b>	<b>Simpangan</b>		<b>Simpangan</b>	
	<b>(m)</b>	<b>X (mm)</b>	<b>Y (mm)</b>	<b>X (mm)</b>	<b>Y (mm)</b>
2	3.5	0.551	0.5	0.2	1.7
3	6.5	1.532	1.3	0.5	4.7
4	9.5	2.896	2.5	1	8.8
5	12.5	4.584	3.9	1.6	13.7
6	15.5	6.541	5.4	2.3	19.2
7	18.5	8.715	7.1	3.1	25
8	21.5	11.077	8.8	4	31.2
9	24.5	13.575	10.6	4.8	37.6
10	27.5	16.172	12.5	5.8	44
11	30.5	18.833	14.3	6.7	50.3
12	33.5	21.528	16	7.7	56.4
13	36.5	24.238	17.8	8.6	62.4
14	39.5	26.933	19.5	9.6	68.2
15	42.5	29.6	21.1	10.5	73.7
16	45.5	32.229	22.6	11.4	78.9
Atap	48	34.376	23.6	12.2	83.1



**Tabel 6.9** Kontrol Simpangan Arah X Akibat Beban Gempa Arah X

Lantai	Tinggi Lantai	Gempa Arah X				Ket
	Zi	Simpangan Arah X				
	(m)	$\Delta$ (mm)	$\Delta_1$ (mm)	$\Delta_2$ (mm)	$\Delta a$ (mm)	
2	3.5	0.551	2.755	2.755	70	OK
3	6.5	1.532	7.66	4.905	60	OK
4	9.5	2.896	14.48	6.82	60	OK
5	12.5	4.584	22.92	8.44	60	OK
6	15.5	6.541	32.705	9.785	60	OK
7	18.5	8.715	43.575	10.87	60	OK
8	21.5	11.077	55.385	11.81	60	OK
9	24.5	13.575	67.875	12.49	60	OK
10	27.5	16.172	80.86	12.985	60	OK
11	30.5	18.833	94.165	13.305	60	OK
12	33.5	21.528	107.64	13.475	60	OK
13	36.5	24.238	121.19	13.55	60	OK
14	39.5	26.933	134.665	13.475	60	OK
15	42.5	29.6	148	13.335	60	OK
16	45.5	32.229	161.145	13.145	60	OK
Atap	48	34.376	171.88	10.735	50	OK

**Tabel 6.10** Kontrol Simpangan Arah Y Akibat Beban Gempa Arah X

Lantai	Tinggi Lantai	Gempa Arah X				Ket
	Zi	Simpangan Arah Y				
	(m)	$\Delta$ (mm)	$\Delta_1$ (mm)	$\Delta_2$ (mm)	$\Delta a$ (mm)	
2	3.5	0.466	2.33	2.33	70	OK
3	6.5	1.319	6.595	4.265	60	OK
4	9.5	2.472	12.36	5.765	60	OK
5	12.5	3.852	19.26	6.9	60	OK
6	15.5	5.402	27.01	7.75	60	OK
7	18.5	7.068	35.34	8.33	60	OK
8	21.5	8.832	44.16	8.82	60	OK
9	24.5	10.639	53.195	9.035	60	OK
10	27.5	12.46	62.3	9.015	60	OK
11	30.5	14.27	71.35	9.05	60	OK
12	33.5	16.044	80.22	8.87	60	OK
13	36.5	17.78	88.9	8.68	60	OK
14	39.5	19.453	97.265	8.365	60	OK
15	42.5	21.057	105.285	8.02	60	OK
16	45.5	22.596	112.98	7.695	60	OK
Atap	48	23.815	119.075	6.095	50	OK

**Tabel 6.11** Kontrol Simpangan Arah X Akibat Beban Gempa Arah Y

Lantai	Tinggi Lantai	Gempa Arah Y				Ket
	Zi	Simpangan Arah X				
	(m)	$\Delta$ (mm)	$\Delta_1$ (mm)	$\Delta_2$ (mm)	$\Delta a$ (mm)	
2	3.5	0.195	0.975	0.975	100	OK
3	6.5	2.725	2.725	1.75	80	OK
4	9.5	5.16	5.16	2.435	80	OK
5	12.5	8.18	8.18	3.02	80	OK
6	15.5	11.675	11.675	3.495	80	OK
7	18.5	15.555	15.555	3.88	80	OK
8	21.5	19.76	19.76	4.205	80	OK
9	24.5	24.205	24.205	4.445	80	OK
10	27.5	28.82	28.82	4.615	80	OK
11	30.5	33.54	33.54	4.72	80	OK
12	33.5	38.31	38.31	4.77	80	OK
13	36.5	43.105	43.105	4.795	120	OK
14	39.5	47.865	47.865	4.76	30	OK
15	42.5	52.565	52.565	4.7	0	OK
16	45.5	57.2	57.2	4.635	30	OK
Atap	48	60.98	60.98	3.78	60	OK

**Tabel 6.12** Kontrol Simpangan Arah Y Akibat Beban Gempa Arah Y

Lantai	Tinggi Lantai	Gempa Arah Y				Ket
	Zi	Simpangan Arah Y				
	(m)	$\Delta$ (mm)	$\Delta_1$ (mm)	$\Delta_2$ (mm)	$\Delta a$ (mm)	
2	3.5	1.65	8.25	8.25	70	OK
3	6.5	4.684	23.42	15.17	60	OK
4	9.5	8.779	43.895	20.475	60	OK
5	12.5	13.674	68.37	24.475	60	OK
6	15.5	19.157	95.785	27.415	60	OK
7	18.5	25.033	125.165	29.38	60	OK
8	21.5	31.241	156.205	31.04	60	OK
9	24.5	37.581	187.905	31.7	60	OK
10	27.5	43.952	219.76	31.855	60	OK
11	30.5	50.26	251.3	31.54	60	OK
12	33.5	56.422	282.11	30.81	60	OK
13	36.5	62.428	312.14	30.03	60	OK
14	39.5	68.188	340.94	28.8	60	OK
15	42.5	73.688	368.44	27.5	60	OK
16	45.5	78.936	394.68	26.24	60	OK
Atap	48	83.067	415.335	20.655	50	OK

Dari hasil kontrol tabel di atas maka analisis struktur apartemen “ The Aspen @ Admiralty “ memenuhi persyaratan sesuai dengan SNI 03-1726-2012 Pasal 7.9.3 dan Pasal 7.12.1.

#### 6.4.6 Kontrol Sistem Ganda

Untuk system rangka gedung, rangka harus mampu menahan paling sedikit 10 persen gaya gempa desain. Tahanan gaya gempa total harus disediakan oleh kombinasi rangka pemikul momen dan dinding geser, dengan distribusi yang proporsional terhadap kekakuannya.

**Tabel 6.13** Persentase Gaya Geser yang Mampu Dipikul Sistem Struktur

<b>Pemikul gaya geser</b>	<b>Arah Y</b>	<b>Arah X</b>	<b>% X</b>	<b>% Y</b>
Dinding geser	1681277	2052765	<b>90%</b>	<b>87%</b>
Sistem rangka	269215,2	253329,3	<b>10%</b>	<b>13%</b>
total	2306094	1950492	100%	100%

Dari tabel perhitungan diatas, system rangka gedung memenuhi.

## **BAB VII**

### **PERENCANAAN STRUKTUR UTAMA**

#### **7.1 Umum**

Struktur utama merupakan suatu komponen utama dimana kekakuannya mempengaruhi perilaku gedung tersebut. Struktur utama memiliki fungsi untuk menahan pembebanan yang berasal dari beban gravitasi dan beban lateral berupa beban gempa maupun beban angin. Komponen utama terdiri dari balok tepi, kolom, shearwall dan Flat Slab. Pada bab ini akan dibahas mengenai kekuatan struktur utama mencakup kebutuhan tulangan yang diperlukan pada komponen tersebut.

#### **7.2 Perencanaan Balok Tepi**

Balok induk merupakan struktur utama yang memikul beban struktur sekunder dan meneruskan beban tersebut ke kolom. Didalam preliminary desain gedung Apartemen “ The Aspen @ Admiralty ” direncanakan dimensi balok tepi sebesar 35/55 dengan panjang bentang 852,5 cm dengan menggunakan beton bertulang.

##### **7.2.1 Data Perencanaan**

Data perencanaan yang diperlukan meliputi :

- Mutu beton ( $f_c'$ ) = 40 MPa
- Mutu baja ( $f_y$ ) = 400 MPa
- Dimensi balok = 35/50 cm
- Diameter tulangan longitudinal = 19 mm
- Diameter tulangan sengkang = 13 mm

##### **7.2.2 Penulangan Lentur Balok Tepi Memanjang**

Perencanaan balok tepi dimana untuk merencanakan tulangan lentur diperhitungkan gaya gempa arah bolak balik ( kiri-kanan ) yang akan menghasilkan momen positif dan negatif pada tumpuan. Hasil perencanaan tulangan yang nantinya akan

digunakan merupakan kombinasi dari perencanaan bertahap tersebut dengan mengambil jumlah tulangan yang terbesar.

Data - data yang akan digunakan dalam merencanakan balok induk pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

Mutu beton ( $f'c$ )	= 40 MPa
Mutu baj ( $f_y$ ) tulangan	= 400 MPa
Dimensi balok tepi	= 35/50 cm
Panjang balok tepi	= 8,525 m
Tebal <i>decking</i>	= 40 mm
Diameter tulangan utama	= 19 mm
Diameter sengkang	= 13 mm

$$b = 350 \text{ mm}$$

$$d = 500 - 40 - 13 - (0,5 \times 19) = 437,5 \text{ mm}$$

$$d' = 40 + 13 + (0,5 \times 19) = 62,5 \text{ mm}$$

Dari perhitungan pada bab sebelumnya didapatkan :

$$\rho_{\text{balance}} = 0,0389$$

$$\rho_{\text{max}} = 0,02923$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,00395$$

$$m = 11,7647$$

Dari analisa SAP2000 didapat nilai momen sebagai berikut :

$$M \text{ tumpuan kiri} = -110412000 \text{ Nmm}$$

$$M \text{ tumpuan kanan} = 48153900 \text{ Nmm}$$

$$M \text{ lapangan} = 76419500 \text{ Nmm}$$

### **a.1. Tulangan tumpuan atas kiri**

Direncanakan menggunakan tulangan D19

$$b = 350 \text{ mm}$$

$$dx = 437,5 \text{ mm}$$

$$Mu = 110412000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{(1 - 0,5) \times Mu}{0,9 \times b \times dx^2} = \frac{(1 - 0,5) \times 110412000}{0,9 \times 350 \times 437,5^2} = 0,7103$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,7647$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{11,7647} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,7647 \times 0,7103}{400}} \right) = 0,00177$$

$$\rho' = \frac{(0,5) \times M_u}{\phi \times f_y \times (d_x - d') \times b \times d_x}$$

$$= \frac{(0,5) \times 110412000}{0,9 \times 400 \times (437,5 - 62,5) \times 350 \times 437,5}$$

$$= 0,00267$$

$\rho_{\text{pakai}} = 0,00177 + 0,00267 = 0,00444 > \rho_{\text{min}} = 0,00395$  dipakai

$\rho_{\text{perlu}}$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,00444 \times 350 \times 437,5 = 680,121 \text{ mm}^2$$

Maka dipasang tulangan **4 D 19** (  $A_s = 1134,115 \text{ mm}^2$  )

#### ▪ Perhitungan tulangan tekan

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,00267 \times 350 \times 437,5 = 408,84375 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan tekan **3 D 19** (  $A_s' = 850,586 \text{ mm}^2$  )

#### ▪ Kontrol Jarak antar Tulangan Tarik

Syarat spasi tulangan  $> 25 \text{ mm}$

$$S_n = \frac{Wb - 2 \times cc - 2 \times \phi_{\text{sengkang}} - n \times D}{n - 1}$$

$$S_n = \frac{350 - 2 \times 40 - 2 \times 13 - 4 \times 19}{4 - 1} = 56 \text{ mm}$$

$$S_n > 25 \text{ mm}$$

$$56 > 25 \text{ mm}$$

(OK)



▪ **Kontrol Jarak antar Tulangan Tekan**

Syarat spasi tulangan  $> 25 \text{ mm}$

$$S_n = \frac{Wb - 2 \times cc - 2 \times \phi_{sengkan} - n \times D}{n - 1}$$

$$S_n = \frac{350 - 2 \times 40 - 2 \times 13 - 3 \times 19}{3 - 1} = 93,5 \text{ mm}$$

$$S_n > 25 \text{ mm}$$

$$93,5 > 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

**a.2. Tulangan tumpuan atas kanan**

Direncanakan menggunakan tulangan D19

$$b = 350 \text{ mm}$$

$$d_x = 437,5 \text{ mm}$$

$$M_u = 48153900 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{(1 - 0,5) \times M_u}{0,9 \times b \times d_x^2} = \frac{(1 - 0,5) \times 48153900}{0,9 \times 350 \times 437,5^2} = 0,30574$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,7647$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,7647} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,7647 \times 0,30574}{400}} \right) = 0,0007 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho' &= \frac{M_u}{\phi \times f_y \times (d_x - d') \times b \times d_x} \\ &= \frac{(0,5) \times 48153900}{0,9 \times 400 \times (437,5 - 62,5) \times 350 \times 437,5} \\ &= 0,001165 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0007 + 0,001165 = 0,00193 < \rho_{\text{min}} = 0,00395 \text{ dipakai}$$

$\rho_{\text{min}}$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,00395 \times 350 \times 437,5 = 605,2797 \text{ mm}^2$$

Maka dipasang tulangan **3 D 19** ( $A_s = 850,586 \text{ mm}^2$ )

▪ **Perhitungan tulangan tekan**

$$A_{s\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,001165 \times 350 \times 437,5 = 178,3906 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan tekan **2 D 19** ( $A_s' = 567,057 \text{ mm}^2$ )

▪ **Kontrol Jarak antar Tulangan Tarik**

Syarat spasi tulangan  $> 25 \text{ mm}$

$$S_n = \frac{Wb - 2 \times cc - 2 \times \phi_{sengkan} - n \times D}{n - 1}$$

$$S_n = \frac{350 - 2 \times 40 - 2 \times 13 - 3 \times 19}{3 - 1} = 93,5 \text{ mm}$$

$$S_n > 25 \text{ mm}$$

$$93,5 > 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

▪ **Kontrol Jarak antar Tulangan Tekan**

Syarat spasi tulangan  $> 25 \text{ mm}$

$$S_n = \frac{Wb - 2 \times cc - 2 \times \phi_{sengkan} - n \times D}{n - 1}$$

$$S_n = \frac{350 - 2 \times 40 - 2 \times 13 - 2 \times 19}{2 - 1} = 206 \text{ mm}$$

$$S_n > 25 \text{ mm}$$

$$206 > 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

Rekapitulasi tulangan pada daerah tumpuan

▪ Akibat momen tumpuan kiri

$$\text{Tulangan atas} = 4\text{D}19 (A_s = 1134,115 \text{ mm}^2)$$

$$\text{Tulangan bawah} = 3\text{D}19 (A_s = 850,586 \text{ mm}^2)$$

▪ Akibat momen tumpuan kanan

$$\text{Tulangan atas} = 3\text{D}19 (A_s = 850,586 \text{ mm}^2)$$

$$\text{Tulangan bawah} = 2\text{D}19 (A_s = 567,057 \text{ mm}^2)$$

Sehingga jumlah tulangan yang terpasang merupakan jumlah terbesar yang dihasilkan dari masing – masing nilai momen diatas maka,

$$\text{Tulangan atas} = 4\text{D}19 (A_s = 1134,115 \text{ mm}^2)$$

$$\text{Tulangan bawah} = 3\text{D}19 (A_s = 850,586 \text{ mm}^2)$$

▪ **Kontrol Kemampuan Penampang Akibat Tulangan Rangkap**

$$\rho_{\text{tarik}} = \frac{A_s}{b \times d} = \frac{1134,115}{350 \times 437,5} = 0,0074065$$

$$\rho_{\text{tekan}} = \frac{A_s}{b \times d} = \frac{850,586}{350 \times 437,5} = 0,005555$$

$$\rho - \rho' \geq \frac{0,85 \times \beta \times f_c \times d'}{f_y \times d} \times \frac{600}{600 - f_y} = \frac{0,85 \times 0,8 \times 40 \times 62,5}{400 \times 437,5} \times \frac{600}{600 - 400}$$

$$0,00185 \geq 0,00145$$

Artinya, baja tekan sudah leleh ,  $f_s' = f_y$

$$a = \frac{(A_s - A_s') \times f_y}{0,85 \times f_c \times b} = \frac{(1134,115 - 850,586) \times 400}{0,85 \times 40 \times 350} = 9,53$$

$$M_n = (A_s - A_s') \times f_y \times \left( d - \frac{a}{2} \right) + A_s' \times f_y \times (d - d')$$

$$M_n = (1134,115 - 850,586) \times 400 \times \left( 437,5 - \frac{9,53}{2} \right) + 850,586 \times 400 \times (437,5 - 62,5)$$

$$M_n = 176665068,7 \text{ Nmm}$$

$$\phi M_n = 141332055 \text{ Nmm}$$

$$141332055 \text{ Nmm} > 110412000 \text{ Nmm} \quad (\text{OK})$$

### a.3. Tulangan Lapangan

Direncanakan menggunakan tulangan D19

$$b = 350 \text{ mm}$$

$$dx = 437,5 \text{ mm}$$

$$Mu = 76419500 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{(1 - 0,5) \times Mu}{0,9 \times b \times dx^2} = \frac{(1 - 0,5) \times 76419500}{0,9 \times 350 \times 437,5^2} = 0,4852$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,7647$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,7647} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,7647 \times 0,4852}{400}} \right) = 0,00122 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho' &= \frac{(0,5) \times Mu}{\phi \times f_y \times (dx - d') \times b \times dx} \\ &= \frac{(0,5) \times 76419500}{0,9 \times 400 \times (437,5 - 62,5) \times 350 \times 437,5} \\ &= 0,00185 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,00122 + 0,00185 = 0,00307 < \rho_{\text{min}} = 0,00395 \text{ dipakai}$$

$\rho_{\text{perlu}}$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned} A_{s\text{perlu}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00395 \times 350 \times 437,5 = 605,279 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan **3 D 19 (  $A_s = 850,586 \text{ mm}^2$  )**

#### ▪ Perhitungan tulangan tekan

$$\begin{aligned} A_{s\text{perlu}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00185 \times 350 \times 437,5 = 283,28125 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Digunakan tulangan tekan **2 D 19 (  $A_s' = 567,057 \text{ mm}^2$  )**

▪ **Kontrol Jarak antar Tulangan Tarik**

Syarat spasi tulangan  $> 25 \text{ mm}$

$$S_n = \frac{Wb - 2 \times cc - 2 \times \phi_{sengkan} - n \times D}{n - 1}$$

$$S_n = \frac{350 - 2 \times 40 - 2 \times 13 - 3 \times 19}{3 - 1} = 93,5 \text{ mm}$$

$$S_n > 25 \text{ mm}$$

$$93,5 > 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

▪ **Kontrol Jarak antar Tulangan Tekan**

Syarat spasi tulangan  $> 25 \text{ mm}$

$$S_n = \frac{Wb - 2 \times cc - 2 \times \phi_{sengkan} - n \times D}{n - 1}$$

$$S_n = \frac{350 - 2 \times 40 - 2 \times 13 - 2 \times 19}{2 - 1} = 206 \text{ mm}$$

$$S_n > 25 \text{ mm}$$

$$206 > 25 \text{ mm} \quad (\text{OK})$$

**a. Penulangan Geser dan Torsi**

Sesuai peraturan SNI 03-2847-2013 bab 11 mengenai geser dan torsi, perencanaan tulangan geser dan torsi mengikuti kaidah berikut ini : Perencanaan penampang yang diakibatkan oleh geser harus didasarkan pada perumusan :

$$\Phi V_n = V_u \quad (\text{SNI 03-2847-2013 Pasal 11.1})$$

Dengan  $V_u$  merupakan gaya geser terfaktor pada penampang yang ditinjau dan  $V_n$  merupakan kuat geser nominal yang ditinjau dari :

$$V_n = V_c + V_s$$

Dimana :

$V_u$  = Geser pada terfaktor penampang yang ditinjau

$\Phi$  = Faktor reduksi geser ( 0.75 )

$V_n$  = Kuat Geser nominal

$V_c$  = Kuat geser beton

$V_s$  = Kuat Geser nominal tulangan geser

Sedangkan untuk perencanaan penampang yang diakibatkan oleh torsi harus didasarkan pada perumusan sebagai berikut :

$$\Phi T_n = T_u \quad (\text{SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.5})$$

Tulangan sengkang untuk torsi harus direncanakan berdasarkan (SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.6) sesuai persamaan berikut :

$$T_n = \frac{2A_o A_t f_{yt}}{s} \cot \theta$$

Dimana :

$T_n$  = Kuat momen torsi ( $T_c + T_s > T_{umin}$ )

$T_s$  = Kuat momen torsi nominal tulangan geser

$T_c$  = Kuat torsi nominal yang disumbngkan oleh beton

$A_o$  = Luas bruto yang ditasi oleh lintasan aliran geser, mm

$A_t$  = Luas satu kaki sengkang tertutup yang menahan puntir dalam daerah sejarak  $s$ , mm<sup>2</sup>

$F_{yv}$  = kuat leleh tulangan sengkang torsi, Mpa

$s$  = Spasi tulangan geser atau puntir dalam arah parallel dengan tulangan longitudinal

Sesuai peraturan (SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.1) pengaruh torsi balok diabaikan bila momen torsi terfaktor  $T_u$  kurang dari :

$$\phi 0,33 \lambda \sqrt{f'_c} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

Dimana :

$\phi$  = Faktor reduksi kekuatan

$F'_c$  = Kuat tekan beton, Mpa

$A_{cp}$  = Luas yang dibatasi oleh keliling luar penampang beton, mm<sup>2</sup>

$P_{cp}$  = Keliling luar penampang beton, mm<sup>2</sup>

## b. Perhitungan Penulangan Torsi

Data perencanaan :

Dimensi Balok Induk = 350/500 mm

$$\begin{aligned} T_u &= 58129600 \quad \text{Nmm} \\ \text{Bentang} &= 8525 \quad \text{mm} \end{aligned}$$

Pada kasus ini balok induk termasuk torsi kompatibilitas dimana dapat terjadi redistribusi puntir sehingga berdasarkan SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.2.2 (a) maka momen puntir terfaktor maksimum dapat direduksi sesuai persamaan berikut :

$$T_u < \phi \frac{\sqrt{f'_c}}{12} \left( \frac{A_{cp}^2}{P_{cp}} \right)$$

$$58129600 < 0,75 \times \frac{\sqrt{40}}{12} \left( \frac{(500 \times 700)^2}{(500 + 700) \times 2} \right)$$

$$58129600 < 28168588,67 \text{ Nmm}$$

Dari persyaratan diatas tidak memenuhi, jadi balok yang ditinjau memerlukan tulangan torsi.

### 1. Penulangan torsi sengkang

Aoh (luas batas daerah sengkang terluar)

$$Aoh = (350-2 \times 40) \times (500-2 \times 40) = 113400 \text{ mm}^2$$

Ph (keliling batas sengkang terluar)

$$Ph = 2((350-2 \times 40) + (500-2 \times 40)) = 1380 \text{ mm}$$

$$Ao = 0.85 \times Aoh = 96390 \text{ mm}^2$$

$$S = 1000 \text{ mm}$$

$$Tn = Tu/\Phi = 58129600/0,75 = 77506133,33 \text{ Nmm}$$

Perhitungan Luas sengkang torsi permeter: (SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.6.)

$$\frac{Av_t}{s} = \frac{Tn}{2 \times Aoh \times f_y \times \cot 45^\circ}$$

$$\frac{Av_t}{1000} = \frac{77506133,33}{2 \times 113400 \times 400 \times \cot 45^\circ}$$

$$Av_t = 854,3445 \text{ mm}^2$$

### Tulangan sengkang balok sebelum torsi : 2Ø13-110 (Tumpuan)

Luas sengkang permeter (A<sub>vs</sub>)

$$\begin{aligned} A_{vs} &= (n \times 0.25\pi d^2 \times S)/s \\ &= (2 \times 0.25\pi 13^2 \times 1000)/110 \\ &= 2413.31435 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Kontrol luas sengkang geser dan torsi:

$$A_{vs} + A_{vt} = 2413,31435 + 854,3445 = 3267,6588 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} 1. \quad A_{vs} + A_{vt} &> \frac{75\sqrt{f'_c}}{1200} \times \frac{b \times S}{f_y} \\ 3267,6588 &> \frac{75\sqrt{40}}{1200} \times \frac{350 \times 1000}{400} \\ 3267,6588 &> 345,874 \dots\dots OK \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \quad A_{vs} + A_{vt} &> \frac{b \times S}{3 \times f_y} \\ 3267,6588 &> \frac{350 \times 1000}{3 \times 400} \\ 3267,6588 &> 291,667 \dots\dots\dots OK \end{aligned}$$

Jarak sengkang total:

$$\begin{aligned} 1. \quad s &= \frac{n \times 0,25 \times \pi \times d^2 \times S}{A_{vs} + A_{vt}} \\ s &= \frac{2 \times 0,25 \times \pi \times 13^2 \times 1000}{3267,6588} = 81,24 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$2. \quad S = Ph/8 = 1380/8 = 172,5 \text{ mm}$$

$$3. \quad S \leq 300 \text{ mm}$$

Diambil jarak terkecil = 81,24 mm, digunakan s = 80 mm

Sehingga, Tulangan sengkang setelah ditambah torsi menjadi 2 Ø13-80 mm.

Dengan cara yang sama didapat jarak torsi untuk sengkang pada daerah diluar sendi plastis s = 120 mm, jadi dipakai sengkang 2Ø13 – 120 mm.



## 2. Penulangan Torsi Lentur

(SNI 03-2847-2013 Pasal 11.5.3.7.)

$$A_t = \frac{A_{vt}}{s} \times Ph \times \left( \frac{f_y \text{ geser}}{f_y \text{ lentur}} \right) \times \cot^2 45^\circ$$

$$A_t = \frac{854,3445}{1000} \times 1380 \times \left( \frac{400}{400} \right) \times \cot^2 45^\circ$$

$$A_t = 1178,995 \text{ mm}^2$$

Tulangan lentur balok sebelum torsi pada tumpuan:

Tarik (4 D19 :  $A_s = 1134,6437 \text{ mm}^2$ )

Tekan (3 D19 :  $A_s = 850,586 \text{ mm}^2$ )

$A_s \text{ total} = 1984,7012 \text{ mm}^2$

Kontrol luas penampang torsi

$$(A_t + A_{st}) = 1178,995 + 1984,7012 = 3163,7 \text{ mm}^2$$

$$A_t + A_{st} > \frac{5x\sqrt{f'c}xAc_p}{12x f_y \text{ lentur}} - \left( \frac{A_{vt}}{s} \right) \times Ph \times \frac{f_y \text{ geser}}{f_y \text{ lentur}}$$

$$A_t + A_{st} > \frac{5x\sqrt{40}x175000}{12x 400} - \left( \frac{854,345}{60} \right) \times 1380 \times \frac{400}{400}$$

$$3163,7 > -26,082 \dots \dots \dots OK$$

Jumlah tulangan torsi:

$$n = \frac{A_t}{0,25 \times \pi \times D^2}$$

$$n = \frac{1178,995}{0,25 \times \pi \times 19^2}$$

$$n = 4,15 \text{ buah} \approx 5 \text{ buah}$$

Gunakan 5 buah yang diletakan dikanan 3 tulangan dan dikiri 2 tulangan.

▪ **Penulangan Geser Balok Balok Tepi memanjang 8,525 meter**

Dari perhitungan sebelumnya didapatkan penulangan tumpuan dan lapangan untuk balok dengan bentang 8,525 meter digambarkan dalam gambar 7. berikut ini

▪ **Perhitungan Penulangan Geser Balok Induk Bentang 8,525 meter**

Nilai momen nominal maksimum dari cek momen tulangan nominal terpasang dengan asumsi tumpuan kiri dan kanan memiliki jumlah tulangan yang sama.

Hasil dari SAP 2000 dengan nilai  $V_u = 10964,11 \text{ kg} = 109641,1 \text{ N}$

**c. Pemasangan sengkang daerah sendi plastis**

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.4.2 bahwa tulangan transversal untuk memikul geser dengan menganggap  $V_c = 0$ , apabila:

$$1. \text{ Gaya Aksial Tekan } < 0,2 \times A_g \times f_c'$$

$$144693,5 \text{ N} < 1400000 \text{ N} \quad \dots (\text{OK})$$

Karena Gaya aksial terlalu kecil maka persyaratan memenuhi :

$$V_c = 0,17 \times \lambda \times \sqrt{f_c'} \times b_w \times d \quad (\text{SNI 03-2847-2013 Ps 11.2.1.1})$$

$$V_c = 0,17 \times 1 \times \sqrt{40} \times 350 \times 437,5 = 164636,0807 \text{ N}$$

$$0,5V_c = 0,5 \times 164636,0807 = 82318,04034 \text{ N}$$

$V_u > 0,5 V_c$ , membutuhkan tulangan geser

$$V_s = \frac{V_u}{\phi} = \frac{109641,1}{0,75} = 146188,133 \text{ N}$$

Rencanakan tulangan geser  $2\phi 13 \text{ mm}$  ( $A_v = 265,4645 \text{ mm}^2$ )

$$S = \frac{A_v \times f_y \times d}{V_s} = \frac{265,4645 \times 400 \times 437,5}{146188,133} = 317,78435 \text{ mm}$$

Berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.2 bahwa syarat jarak antar sengkang untuk sendi plastis tidak boleh melebihi :

$$1. \quad d/4 = 437,5/4 = 109,375 \text{ mm}$$

$$2. \quad 8D = 8 \times 19 = 152 \text{ mm}$$

$$3. \quad 150 \text{ mm}$$

Dari Syarat diatas maka diambil jarak antar sengkang dengan hoop pertama = 110 mm.

Sehingga nilai kuat geser diperoleh sebagai berikut :

$$V_s = \frac{A_s \times f_y \times d}{s} = \frac{265,4645 \times 400 \times 437,5}{110} = 422330,012 \text{ N}$$

$$\phi V_s = 0,75 \times 422330,012 = 316747,509 \text{ N}$$

Sengkang yang dipasang 2 $\phi$ 13 mm sejarak 150 mm dengan ketentuan dan syarat sebagai berikut mengacu pada SNI 03-2847-2013 pasal 21.3.4.2 sebagai berikut :

- $S_{\max}$  sepanjang sendi plastis di ujung balok  $2h = 2 \times 500 = 1000 \text{ mm}$
- Sengkang tertutup pertama harus dipasang tidak lebih dari 50 mm dari muka tumpuan

Kontrol kuat geser balok induk interior tidak boleh lebih besar dari syarat SNI 03-2847-2013 pasal 11.4.7.9

$$V_{s_{\max}} = \frac{2}{3} \times b_w \times d \times \sqrt{f'c} = \frac{2}{3} \times 350 \times 437,5 \times \sqrt{40}$$

$$= 639175 \text{ N} = 639,175 \text{ kN}$$

$$639,175 \text{ kN} > 146,188133 \text{ kN}$$

Sehingga sengkang 2 $\phi$ 13 – 110 dapat digunakan

$$V_{s_{\max}} = \frac{1}{3} \times b_w \times d \times \sqrt{f'c} = \frac{1}{3} \times 350 \times 437,5 \times \sqrt{40}$$

$$= 319587,686 \text{ N} = 319,587686 \text{ kN}$$

$$319,587686 \text{ kN} > 146,188133 \text{ kN}$$

Sehingga sengkang 2 $\phi$ 13 – 110 dapat digunakan

#### **d. Pemasangan sengkang diluar sendi plastis**

Pemasangan tulangan sengkang di luar daerah sendi plastis dimulai dari 1000 mm dari ujung balok dimana gaya geser yang digunakan merupakan gaya geser dari hasil analisa struktur dengan besar beban gempa dan memperhitungkan pula kuat geser yang disumbangkan oleh beton.

$$V_u = 6058,32 \text{ kg pada jarak } 1000 \text{ mm}$$

$$V_s = \frac{Vu}{\phi}$$

$$V_s = \frac{6058,32}{0,75}$$

$$V_s = 8077,6 \text{ kg}$$

Jika dipakai begel 2 kaki dengan  $\phi$  13 (  $A_v = 265,4645 \text{ mm}^2$  )

$$S = \frac{A_v \times f_y \times b}{V_s} = \frac{265,4645 \times 400 \times 437,5}{80776} = 575,125 \text{ mm}$$

Syarat pemasangan begel di luar sendi plastis berdasarkan SNI 2847-2013 pasal 21.5.3.4 :

$$\frac{1}{2} \times d = \frac{1}{2} \times 437,5 = 218,75 \text{ mm} \approx 210 \text{ mm}$$

Jadi dipasang begel 2  $\phi$  13 – 210 mm sebanyak :

$$L_n = 8525 - 2 \times 0,5 \times 350 = 8175 \text{ mm}$$

$$\frac{L_n - 4 \times h}{s} + 1 = \frac{8175 - 4 \times 500}{210} + 1 = 29,265 \approx 30 \text{ buah}$$

dibagian tengah balok

#### e. Panjang Penyaluran

Perhitungan panjang penyaluran tulangan D19 berdasarkan

SNI 03-2847-2013 Ps.12.2 :

Panjang penyaluran tarik :

$$l_d = \left( \frac{f_y \times \psi_t \times \psi_e}{1,7 \times \lambda \times \sqrt{f_c'}} \right) \times d_b$$

Dimana :

$$d_b = 19 \text{ mm}$$

$$\psi_t = 1$$

$$\psi_e = 1$$

$$\lambda = 1$$

$$l_d = \left( \frac{400 \times 1 \times 1}{1,7 \times 1 \times \sqrt{40}} \right) \times d_b$$

$$ld = 398,8042\text{ mm} \approx 400\text{ mm}$$

Dipakai panjang penyaluran 400 mm

#### f. Angkur Tulangan ( Kait )

Kait tulangan digunakan sebagai angkur tambahan pada suatu keadaan apabila daerah angkur tersedia pada elemen struktur tidak mencukupi kebutuhan panjang penyaluran tulangan lurus.

Sesuai SNI 03-2847-2013 Ps.12.5 panjang penyaluran untuk batang ulir dalam kondisi tarik yang berakhir pada suatu kait standar harus dihitung dengan mengalihkan panjang penyaluran dasar dengan factor modifikasi yang berlaku sesuai SNI 03-2847-2013 Ps.12.5.3.

Faktor modifikasi,  $f = 0,7$

$$ldh = \left( \frac{0,24 \times \psi_t \times f_y}{\lambda \times \sqrt{f_c'}} \right) \times db \quad (\text{SNI 03-2847-2013 Ps.12.5.2})$$

$$ldh = 0,7 \times \left( \frac{0,24 \times 1 \times 400}{1 \times \sqrt{40}} \right) \times 19$$

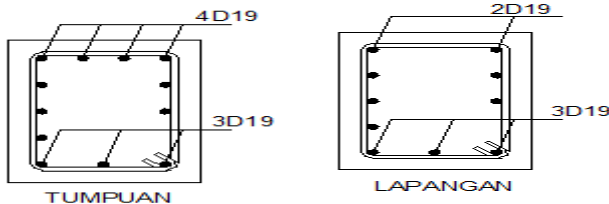
$$ldh = 201,879\text{ mm} \approx 200\text{ mm}$$

Syarat :

$$ldh \geq 8 \times db = 150\text{ mm}$$

$$ldh = 201,879\text{ mm} \approx 200\text{ mm} \geq 150\text{ mm} \quad (\text{OK})$$

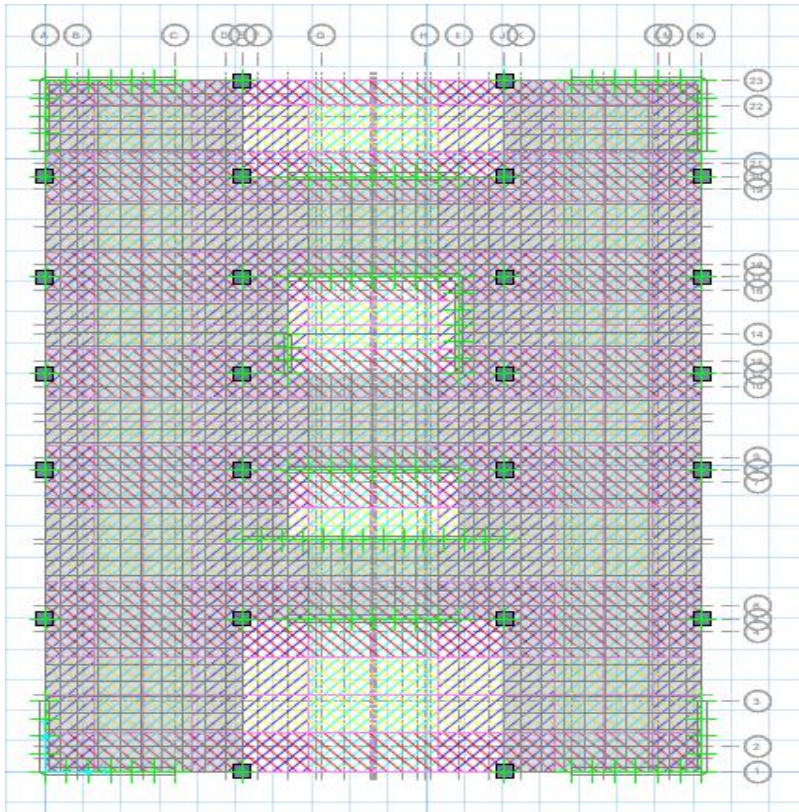
Dipakai Panjang angkur 200 mm



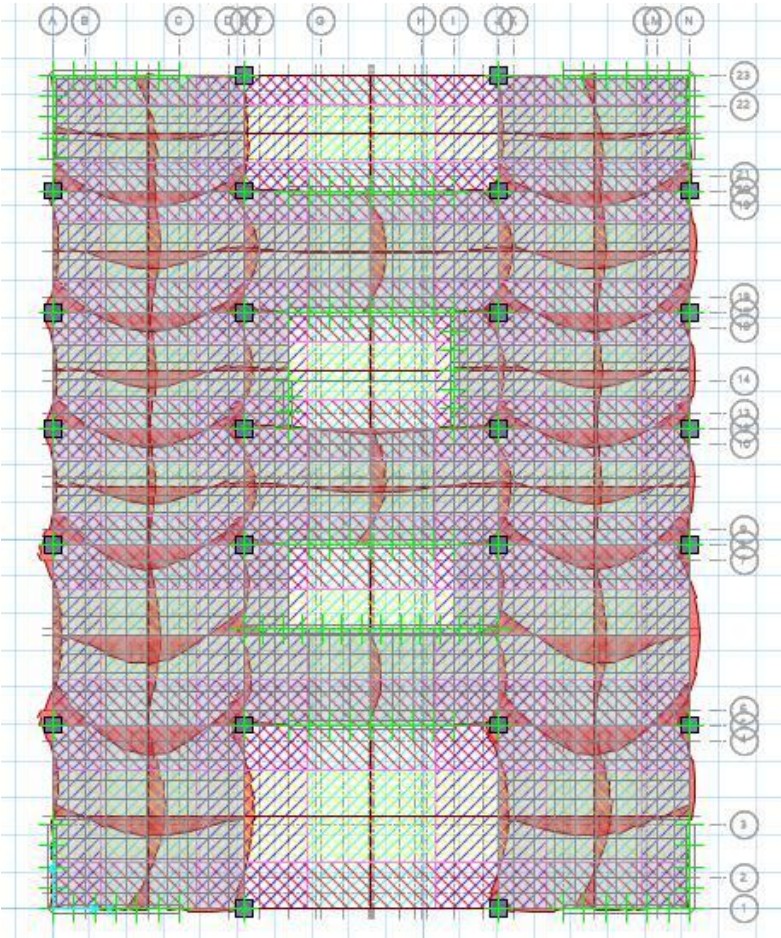
Gambar 7.1 Penulangan Balok

### 7.3 Perencanaan Pelat/Flat Slab

Momen yang digunakan untuk merencanakan tulangan plat adalah momen rata-rata terbesar dari kombinasi beban lantai.



**Gambar 7.2** Pembagian column strip dan middle strip pada plat lantai



**Gambar 7.3** Hasil output momen strip lantai

### 7.3.1 Perencanaan Tulangan Plat Lantai Jalur Kolom

**Tabel 7.1** Momen plat lantai 9,05 x 8,7 m

Column Strip (Arah x)	Mu (Knm)	Mu (Nmm)
Tumpuan	-239,6786	239678600
Lapangan	115,4279	115427900
Tumpuan	-108,9415	108941500

Tebal <i>decking</i>	= 20 mm
Diameter tulangan utama	= 16 mm
Tebal Drop Panel	= 150 mm
Tebal Plat Lantai	= 250 mm
b = 1000 mm	
d = 250 – 20 – (0,5 x 16)	= 222 mm
d' = 250 - 222	= 28 mm

Dari perhitungan pada sebelumnya didapatkan :

$\rho_{\text{balance}}$	= 0,0389
$\rho_{\text{max}}$	= 0,02923
$\rho_{\text{min}}$	= 0,00395
m	= 11,7647

#### ▪ Tulangan Tumpuan

Direncanakan menggunakan tulangan D16

$$\begin{aligned}
 b &= 1000 \text{ mm} \\
 dx &= 222 \text{ mm} \\
 Mu &= 209230000 \text{ Nmm} \\
 Rn &= \frac{Mu}{0,9 \times b \times dx^2} = \frac{(1 - 0,5) \times 239678600}{0,9 \times 1000 \times 222^2} = 2,7018 \\
 m &= \frac{fy}{0,85 \times fc'} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,7647
 \end{aligned}$$



$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{11,7647} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,7647 \times 2,7018}{400}} \right) = 0,007$$

$$\rho' = \frac{M_u}{\phi \times f_y \times (d_x - d') \times b \times d_x}$$

$$= \frac{0,5 \times 239678600}{0,9 \times 400 \times (222 - 28) \times 1000 \times 222}$$

$$= 0,008695$$

$\rho_{\text{pakai}} = 0,007 + 0,008695 = 0,0157 > \rho_{\text{min}} = 0,00395$  dipakai

$\rho_{\text{perlu}}$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,0157 \times 1000 \times 222 = 3494,73447 \text{ mm}^2$$

Maka dipasang tulangan **D16-50** (  $A_s = 4021,2385 \text{ mm}^2$  )

#### ▪ Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI 03-2847-2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

$$\triangleright A_{s_{\text{min}}} \geq 1/3 A_s$$

$$\triangleright A_{s_{\text{min}}} \geq 1/3 4021,2385$$

$$\triangleright A_{s_{\text{min}}} \geq 1340,4128$$

$$A_{s'_{\text{perlu}}} = \rho' \times b \times d$$

$$= 0,008695 \times 1000 \times 222 = 1930,4014 \text{ mm}^2$$

Maka untuk tulangan tekan (tulangan bawah) dipasang tulangan sejumlah **D16-100** (  $A_{s'} = 2010,6 \text{ mm}^2$  )

#### ▪ Tulangan Lapangan

Direncanakan menggunakan tulangan D16

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d_x = 222 \text{ mm}$$

$$M_u = 115427900 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{0,9 \times b \times d x^2} = \frac{(1 - 0,5) \times 115427900}{0,9 \times 1000 \times 222^2} = 1,3012$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,7647$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,7647} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,7647 \times 1,3012}{400}} \right) = 0,0033 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho' &= \frac{M_u}{\phi \times f_y \times (d x - d') \times b \times d x} \\ &= \frac{0,5 \times 115427900}{0,9 \times 400 \times (222 - 28) \times 1000 \times 222} \\ &= 0,004187 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{pakai}} = 0,0033 + 0,00418 = 0,0075 > \rho_{\text{min}} = 0,00395$  dipakai  
 $\rho_{\text{perlu}}$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned} A_{s\text{perlu}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,0075 \times 1000 \times 222 = 1665,018 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan **D16-100** (  $A_s = 2010,619 \text{ mm}^2$  )

#### ▪ Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI03-2847-2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

- $A_{s\text{min}} \geq 1/3 A_s$
- $A_{s\text{min}} \geq 1/3 2010,619$
- $A_{s\text{min}} \geq 670,2064$

$$\begin{aligned} A_{s'\text{perlu}} &= \rho' \times b \times d \\ &= 0,004187 \times 1000 \times 222 = 929,670 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka untuk tulangan tekan (tulangan bawah) dipasang tulangan sejumlah **D16-200** (  $A_{s'} = 1005,3 \text{ mm}^2$  )

### ▪ Tulangan Tumpuan

Direncanakan menggunakan tulangan D16

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$dx = 222 \text{ mm}$$

$$Mu = 108941500 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{0,9 \times b \times dx^2} = \frac{(1 - 0,5) \times 108941500}{0,9 \times 1000 \times 222^2} = 1,228$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc'} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,7647$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{11,7647} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,7647 \times 1,228}{400}} \right) = 0,0031 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho' &= \frac{Mu}{\phi \times fy \times (dx - d') \times b \times dx} \\ &= \frac{0,5 \times 108941500}{0,9 \times 400 \times (222 - 28) \times 1000 \times 222} \\ &= 0,00395 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0031 + 0,00395 = 0,00708 > \rho_{\text{min}} = 0,00395 \text{ dipakai}$$

$\rho_{\text{perlu}}$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$As_{\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,00708 \times 1000 \times 222 = 1571,7685 \text{ mm}^2$$

Maka dipasang tulangan **D16-125** (  $As = 1608,495 \text{ mm}^2$  )

### ▪ Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI03-2847-2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

$$\text{➤ } As_{\text{min}} \geq 1/3 As$$

$$\text{➤ } As_{\text{min}} \geq 1/3 1608,495$$

$$\text{➤ } As_{\text{min}} \geq 536,165$$

$$As'_{\text{perlu}} = \rho' \times b \times d$$

$$= 0,00395 \times 1000 \times 222 = 877,428 \text{ mm}^2$$

Maka untuk tulangan tekan (tulangan bawah) dipasang tulangan sejumlah **D16-200** (  $A_s' = 1005,3 \text{ mm}^2$  )

### 7.3.2 Perencanaan Tulangan Plat Lantai Jalur Tengah

**Tabel 7.2** Momen plat lantai 9,05 x 8,7 m

Middle Strip (Arah x)	Mu (Knm)	Mu (Nmm)
Tumpuan	-48,515	48515000
Lapangan	114,735	114735000
Tumpuan	-45,6771	45677100

Tebal <i>decking</i>	= 20 mm
Diameter tulangan utama	= 16 mm
Tebal Drop Panel	= 150 mm
Tebal Plat Lantai	= 250 mm
b = 1000 mm	
d = 250 – 20 – (0,5 x 16)	= 222 mm
d' = 250 - 222	= 28 mm

Dari perhitungan pada sebelumnya didapatkan :

$\rho_{\text{balance}}$	= 0,0389
$\rho_{\text{max}}$	= 0,02923
$\rho_{\text{min}}$	= 0,00395
m	= 11,7647

#### ▪ Tulangan Tumpuan

Direncanakan menggunakan tulangan D16

b	= 1000 mm
dx	= 222 mm
Mu	= 48515000 Nmm

$$R_n = \frac{Mu}{0,9 \times b \times dx^2} = \frac{(1 - 0,5) \times 48515000}{0,9 \times 1000 \times 222^2} = 0,6144$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,7647$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{11,7647} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,7647 \times 0,6144}{400}} \right) = 0,0016$$

$$\rho' = \frac{M_u}{\phi \times f_y \times (d_x - d') \times b \times d_x}$$

$$= \frac{0,5 \times 48515000}{0,9 \times 400 \times (222 - 28) \times 1000 \times 222}$$

$$= 0,001757$$

$\rho_{\text{pakai}} = 0,0016 + 0,001757 = 0,003308 < \rho_{\text{min}} = 0,00395$  dipakai  
 $\rho_{\text{min}}$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,00395 \times 1000 \times 222 = 877,532 \text{ mm}^2$$

Maka dipasang tulangan **D16-200** (  $A_s = 1005,3096 \text{ mm}^2$  )

#### ▪ Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI 03-2847-2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

- $A_{s_{\text{min}}} \geq 1/3 A_s$
- $A_{s_{\text{min}}} \geq 1/3 1005,3096$
- $A_{s_{\text{min}}} \geq 335,1032$

$$A_{s'_{\text{perlu}}} = \rho' \times b \times d$$

$$= 0,001757 \times 1000 \times 222 = 395,235 \text{ mm}^2$$

Maka untuk tulangan tekan (tulangan bawah) dipasang tulangan sejumlah **D16-250** (  $A_{s'} = 804,25 \text{ mm}^2$  )

#### ▪ Tulangan Lapangan

Direncanakan menggunakan tulangan D16

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$dx = 222 \text{ mm}$$

$$Mu = 114735000 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{0,9 \times b \times dx^2} = \frac{(1 - 0,5) \times 114735000}{0,9 \times 1000 \times 222^2} = 1,455$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc'} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,7647$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{11,7647} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,7647 \times 1,455}{400}} \right) = 0,0037 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho' &= \frac{Mu}{\phi \times fy \times (dx - d') \times b \times dx} \\ &= \frac{0,5 \times 114735000}{0,9 \times 400 \times (222 - 28) \times 1000 \times 222} \\ &= 0,0041625 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0037 + 0,0041625 = 0,00788 > \rho_{\text{min}} = 0,00395 \text{ dipakai}$$

$\rho_{\text{perlu}}$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned} As_{\text{perlu}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,00788 \times 1000 \times 222 = 1749,696 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan **D16-100** (  $As = 2010,619 \text{ mm}^2$  )

#### ▪ Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI03-2847-2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

- $As_{\text{min}} \geq 1/3 As$
- $As_{\text{min}} \geq 1/3 2010,619$
- $As_{\text{min}} \geq 670,2064$

$$\begin{aligned} As'_{\text{perlu}} &= \rho' \times b \times d \\ &= 0,0041625 \times 1000 \times 222 = 924,09375 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka untuk tulangan tekan (tulangan bawah) dipasang tulangan sejumlah **D16-200** (  $As' = 1005,3 \text{ mm}^2$  )

### ▪ Tulangan Tumpuan

Direncanakan menggunakan tulangan D16

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$dx = 222 \text{ mm}$$

$$Mu = 45677100 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{0,9 \times b \times dx^2} = \frac{(1 - 0,5) \times 45677100}{0,9 \times 1000 \times 222^2} = 0,57926$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc'} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,7647$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{11,7647} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,7647 \times 0,57926}{400}} \right) = 0,00146 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho' &= \frac{Mu}{\phi \times fy \times (dx - d') \times b \times dx} \\ &= \frac{0,5 \times 45677100}{0,9 \times 400 \times (222 - 28) \times 1000 \times 222} \\ &= 0,00165 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,00146 + 0,00165 = 0,003117 < \rho_{\text{min}} = 0,00395 \text{ dipakai}$$

$\rho_{\text{min}}$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$As_{\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,00395 \times 1000 \times 222 = 877,532 \text{ mm}^2$$

Maka dipasang tulangan **D16-200** (  $As = 1005,3096 \text{ mm}^2$  )

### ▪ Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI03-2847-2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

$$\text{➤ } As_{\text{min}} \geq 1/3 As$$

$$\text{➤ } As_{\text{min}} \geq 1/3 1005,3096$$

$$\text{➤ } As_{\text{min}} \geq 335,1032$$

$$As'_{\text{perlu}} = \rho' \times b \times d$$

$$= 0,00165 \times 1000 \times 222 = 367,889 \text{ mm}^2$$

Maka untuk tulangan tekan (tulangan bawah) dipasang tulangan sejumlah **D16-250** (  $A_s' = 804,25 \text{ mm}^2$  )

### 7.3.3 Perencanaan Tulangan Plat Lantai Jalur Kolom

**Tabel 7.3** Momen plat lantai 9,05 x 8,7 m

Column Strip (Arah y)	Mu (Knm)	Mu (Nmm)
Tumpuan	-89,186	89186000
Lapangan	37,39114	37391140
Tumpuan	-75,824	75824000

Tebal *decking* = 20 mm

Diameter tulangan utama = 16 mm

Tebal Drop Panel = 150 mm

Tebal Plat Lantai = 250 mm

$b = 1000 \text{ mm}$

$d = 250 - 20 - (0,5 \times 16) = 222 \text{ mm}$

$d' = 250 - 222 = 28 \text{ mm}$

Dari perhitungan pada sebelumnya didapatkan :

$\rho_{\text{balance}} = 0,0389$

$\rho_{\text{max}} = 0,02923$

$\rho_{\text{min}} = 0,00395$

$m = 11,7647$

#### ▪ Tulangan Tumpuan

Direncanakan menggunakan tulangan D16

$b = 1000 \text{ mm}$

$d_x = 222 \text{ mm}$

$M_u = 89186000 \text{ Nmm}$

$$R_n = \frac{M_u}{0,9 \times b \times d_x^2} = \frac{(1 - 0,5) \times 89186000}{0,9 \times 1000 \times 222^2} = 1,131$$



$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,7647$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,7647} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,7647 \times 1,131}{400}} \right) = 0,0029 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho' &= \frac{M_u}{\phi \times f_y \times (d_x - d') \times b \times d_x} \\ &= \frac{0,5 \times 89186000}{0,9 \times 400 \times (222 - 28) \times 1000 \times 222} \\ &= 0,003235 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{pakai}} = 0,0029 + 0,003235 = 0,006111 > \rho_{\text{min}} = 0,00395$  dipakai

$\rho_{\text{perlu}}$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$\begin{aligned} A_{s_{\text{perlu}}} &= \rho \times b \times d \\ &= 0,006111 \times 1000 \times 222 = 1356,835 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka dipasang tulangan **D16-125** (  $A_s = 1608,495 \text{ mm}^2$  )

#### ▪ Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI 03-2847-2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

- $A_{s_{\text{min}}} \geq 1/3 A_s$
- $A_{s_{\text{min}}} \geq 1/3 1608,495$
- $A_{s_{\text{min}}} \geq 536,165$

$$\begin{aligned} A_{s'_{\text{perlu}}} &= \rho' \times b \times d \\ &= 0,003235 \times 1000 \times 222 = 718,315 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Maka untuk tulangan tekan (tulangan bawah) dipasang tulangan sejumlah **D16-250** (  $A_{s'} = 804,25 \text{ mm}^2$  )

#### ▪ Tulangan Lapangan

Direncanakan menggunakan tulangan D16

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$dx = 222 \text{ mm}$$

$$Mu = 37391140 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{0,9 \times b \times dx^2} = \frac{(1 - 0,5) \times 37391140}{0,9 \times 1000 \times 222^2} = 0,4742$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc'} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,7647$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{11,7647} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,7647 \times 0,4742}{400}} \right) = 0,0012 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho' &= \frac{Mu}{\phi \times fy \times (dx - d') \times b \times dx} \\ &= \frac{0,5 \times 37391140}{0,9 \times 400 \times (222 - 28) \times 1000 \times 222} \\ &= 0,00135 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0012 + 0,00135 = 0,00255 < \rho_{\text{min}} = 0,00395 \text{ dipakai}$$

$\rho_{\text{min}}$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$As_{\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,00395 \times 1000 \times 222 = 877,532 \text{ mm}^2$$

Maka dipasang tulangan **D16-200** (  $As = 1005,3096 \text{ mm}^2$  )

#### ▪ Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI 03-2847-2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

$$\triangleright As_{\text{min}} \geq 1/3 As$$

$$\triangleright As_{\text{min}} \geq 1/3 1005,3096$$

$$\triangleright As_{\text{min}} \geq 335,1032$$

$$As'_{\text{perlu}} = \rho' \times b \times d$$

$$= 0,00135 \times 1000 \times 222 = 301,152 \text{ mm}^2$$

Maka untuk tulangan tekan (tulangan bawah) dipasang tulangan sejumlah **D16-200** (  $As' = 1005,3096 \text{ mm}^2$  )

### ▪ Tulangan Tumpuan

Direncanakan menggunakan tulangan D16

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$dx = 222 \text{ mm}$$

$$Mu = 75824000 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{0,9 \times b \times dx^2} = \frac{(1 - 0,5) \times 75824000}{0,9 \times 1000 \times 222^2} = 0,9616$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc'} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,7647$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{11,7647} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,7647 \times 0,9616}{400}} \right) = 0,0024 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho' &= \frac{Mu}{\phi \times fy \times (dx - d') \times b \times dx} \\ &= \frac{0,5 \times 75824000}{0,9 \times 400 \times (222 - 28) \times 1000 \times 222} \\ &= 0,00275 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0024 + 0,00275 = 0,005189 > \rho_{\text{min}} = 0,00395 \text{ dipakai}$$

$\rho_{\text{perlu}}$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$As_{\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,005189 \times 1000 \times 222 = 1152,13379 \text{ mm}^2$$

Maka dipasang tulangan **D16-150** (  $As = 1339,07245 \text{ mm}^2$  )

### ▪ Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI03-2847-2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

$$\text{➤ } As_{\text{min}} \geq 1/3 As$$

$$\text{➤ } As_{\text{min}} \geq 1/3 1339,07245$$

$$\text{➤ } As_{\text{min}} \geq 446,357$$

$$As'_{\text{perlu}} = \rho' \times b \times d$$

$$= 0,00275 \times 1000 \times 222 = 610,695 \text{ mm}^2$$

Maka untuk tulangan tekan (tulangan bawah) dipasang tulangan sejumlah **D16-250** (  $A_s' = 804,25 \text{ mm}^2$  )

### 7.3.4 Perencanaan Tulangan Plat Lantai Jalur Tengah

**Tabel 7.4** Momen plat lantai 9,05 x 8,7 m

Middle Strip (Arah y)	Mu (Knm)	Mu (Nmm)
Tumpuan	-87,86963	87869630
Lapangan	65,175	65175000
Tumpuan	-79,6624	79662400

Tebal <i>decking</i>	= 20 mm
Diameter tulangan utama	= 16 mm
Tebal Drop Panel	= 150 mm
Tebal Plat Lantai	= 250 mm
b = 1000 mm	
d = 250 – 20 – (0,5 x 16)	= 222 mm
d' = 250 - 222	= 28 mm

Dari perhitungan pada sebelumnya didapatkan :

$\rho_{\text{balance}}$	= 0,0389
$\rho_{\text{max}}$	= 0,02923
$\rho_{\text{min}}$	= 0,00395
m	= 11,7647

#### ▪ Tulangan Tumpuan

Direncanakan menggunakan tulangan D16

b	= 1000 mm
dx	= 222 mm
Mu	= 87869630 Nmm

$$R_n = \frac{Mu}{0,9 \times b \times dx^2} = \frac{(1 - 0,5) \times 87869630}{0,9 \times 1000 \times 222^2} = 1,1143$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,7647$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,7647} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,7647 \times 1,1143}{400}} \right) = 0,0028 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho' &= \frac{M_u}{\phi \times f_y \times (d_x - d') \times b \times d_x} \\ &= \frac{0,5 \times 87869630}{0,9 \times 400 \times (222 - 28) \times 1000 \times 222} \\ &= 0,003187 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{pakai}} = 0,0028 + 0,003187 = 0,00602 > \rho_{\text{min}} = 0,00395$  dipakai

$\rho_{\text{perlu}}$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,00602 \times 1000 \times 222 = 1336,64568 \text{ mm}^2$$

Maka dipasang tulangan **D16-125** (  $A_s = 1608,495 \text{ mm}^2$  )

#### ▪ Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI 03-2847-2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

$$\text{➤ } A_{s_{\text{min}}} \geq 1/3 A_s$$

$$\text{➤ } A_{s_{\text{min}}} \geq 1/3 \ 1608,495$$

$$\text{➤ } A_{s_{\text{min}}} \geq 536,165$$

$$A_{s'_{\text{perlu}}} = \rho' \times b \times d$$

$$= 0,003187 \times 1000 \times 222 = 707,7128 \text{ mm}^2$$

Maka untuk tulangan tekan (tulangan bawah) dipasang tulangan sejumlah **D16-250** (  $A_{s'} = 804,25 \text{ mm}^2$  )

### ▪ Tulangan Lapangan

Direncanakan menggunakan tulangan D16

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$dx = 222 \text{ mm}$$

$$Mu = 65175000 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{0,9 \times b \times dx^2} = \frac{(1 - 0,5) \times 65175000}{0,9 \times 1000 \times 222^2} = 0,827$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,7647$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,7647} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,7647 \times 0,827}{400}} \right) = 0,002 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho' &= \frac{Mu}{\phi \times f_y \times (dx - d') \times b \times dx} \\ &= \frac{0,5 \times 65175000}{0,9 \times 400 \times (222 - 28) \times 1000 \times 222} \\ &= 0,002365 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,002 + 0,002365 = 0,00445 > \rho_{\text{min}} = 0,00395 \text{ dipakai}$$

$\rho_{\text{perlu}}$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$As_{\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,00445 \times 1000 \times 222 = 989,3628 \text{ mm}^2$$

Maka dipasang tulangan **D16-200** (  $As = 1005,3096 \text{ mm}^2$  )

### ▪ Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI 03-2847-2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

$$\triangleright As_{\text{min}} \geq 1/3 As$$

$$\triangleright As_{\text{min}} \geq 1/3 \times 1005,3096$$

$$\triangleright As_{\text{min}} \geq 335,1032$$

$$As'_{\text{perlu}} = \rho' \times b \times d$$

$$= 0,002365 \times 1000 \times 222 = 524,927 \text{ mm}^2$$

Maka untuk tulangan tekan (tulangan bawah) dipasang tulangan sejumlah **D16-300 (  $A_s' = 603,2 \text{ mm}^2$  )**

#### ▪ Tulangan Tumpuan

Direncanakan menggunakan tulangan D16

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$dx = 222 \text{ mm}$$

$$Mu = 79662400 \text{ Nmm}$$

$$Rn = \frac{Mu}{0,9 \times b \times dx^2} = \frac{(1 - 0,5) \times 79662400}{0,9 \times 1000 \times 222^2} = 1,01$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \times fc'} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,7647$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times Rn}{fy}} \right) \\ &= \frac{1}{11,7647} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,7647 \times 1,01}{400}} \right) = 0,003 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho' &= \frac{Mu}{\phi \times fy \times (dx - d') \times b \times dx} \\ &= \frac{0,5 \times 79662400}{0,9 \times 400 \times (222 - 28) \times 1000 \times 222} \\ &= 0,00289 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,003 + 0,00289 = 0,005454 > \rho_{\text{min}} = 0,00395 \text{ dipakai}$$

$\rho_{\text{perlu}}$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,005454 \times 1000 \times 222 = 1210,885 \text{ mm}^2$$

Maka dipasang tulangan **D16-125 (  $A_s = 1608,495 \text{ mm}^2$  )**

#### ▪ Perhitungan tulangan tekan

Persyaratan SNI03-2847-2013 menyatakan bahwa luasan tulangan serat bawah tidak boleh kurang dari 1/3 luasan atas.

- $A_{s_{\min}} \geq 1/3 A_s$
- $A_{s_{\min}} \geq 1/3 1608,495$
- $A_{s_{\min}} \geq 536,165$

$$A_{s'_{\text{perlu}}} = \rho' \times b \times d$$

$$= 0,00289 \times 1000 \times 222 = 641.6111 \text{ mm}^2$$

Maka untuk tulangan tekan (tulangan bawah) dipasang tulangan sejumlah **D16-250** (  $A_{s'} = 804,25 \text{ mm}^2$  )



**Tabel 7.5** Rekapitulasi Penulangan Pelat Lantai

Arah Penulangan	Posisis Tulangan		Ukuran Pelat							
			9,05 m x 8,7 m	9,05 m x 8,525 m	9,05 m x 5,5 m	9,05 m x 5,75 m	9,05 m x 5,475 m	7,85 m x 5 m	7,85 m x 5,5 m	7,85 m x 5,75 m
Arah X	Tumpuan Column Strip	Tarik	D16 - 50	D16 – 60	D16 - 65	D16 - 65	D16 - 75	D16 - 125	D16 - 125	D16 - 125
		Tekan	D16 - 100	D16 – 100	D16 - 125	D16 - 125	D16 - 125	D16 - 200	D16 - 250	D16 - 250
	Lapangan Column Strip	Tarik	D16 - 100	D16 – 125	D16 - 125	D16 - 200	D16 - 200	D16 - 200	D16 - 200	D16 - 200
		Tekan	D16 - 200	D16 – 250	D16 - 250	D16 - 250	D16 - 250	D16 - 250	D16 - 250	D16 - 250
	Tumpuan Middle Strip	Tarik	D16 - 125	D16 – 200	D16 - 200	D16 - 200	D16 - 200	D16 - 200	D16 - 200	D16 - 200
		Tekan	D16 - 250	D16 – 250	D16 - 250	D16 - 250	D16 - 250	D16 - 250	D16 - 250	D16 - 250
	Lapangan Middle	Tarik	D16 - 100	D16 – 100	D16 - 200	D16 - 125	D16 - 200	D16 - 125	D16 - 200	D16 - 200
		Tekan	D16 - 100	D16 – 100	D16 - 200	D16 - 125	D16 - 200	D16 - 125	D16 - 200	D16 - 200

	Strip	Tekan	D16 - 200	D16 - 200	D16 - 250	D16 - 250	D16 - 250	D16 - 250	D16 - 250	D16 - 250
Arah Y	Tumpuan Column Strip	Tarik	D16 - 125	D16 - 100	D16 - 100	D16 - 125	D16 - 125	D16 - 200	D16 - 200	D16 - 200
		Tekan	D16 - 250	D16 - 200	D16 - 200	D16 - 200	D16 - 200	D16 - 250	D16 - 250	D16 - 250
	Lapangan Column Strip	Tarik	D16 - 200	D16 - 200	D16 - 200	D16 - 200	D16 - 200	D16 - 200	D16 - 200	D16 - 200
		Tekan	D16 - 250	D16 - 250	D16 - 250	D16 - 250	D16 - 250	D16 - 250	D16 - 250	D16 - 250
	Tumpuan Middle Strip	Tarik	D16 - 100	D16 - 200	D16 - 200	D16 - 125	D16 - 100	D16 - 100	D16 - 100	D16 - 100
		Tekan	D16 - 200	D16 - 250	D16 - 250	D16 - 250	D16 - 200	D16 - 200	D16 - 200	D16 - 200
	Lapangan Middle Strip	Tarik	D16 - 200	D16 - 200	D16 - 200	D16 - 200	D16 - 125	D16 - 125	D16 - 200	D16 - 200
		Tekan	D16 - 250	D16 - 250	D16 - 250	D16 - 250	D16 - 250	D16 - 250	D16 - 250	D16 - 250

### 7.3.5 Pemeriksaan Tebal Pelat Berdasarkan Syarat Gaya Geser

Dalam perencanaan pelat tanpa balok, pemeriksaan tebal pelat berdasarkan syarat geser perlu dilakukan. Hal ini dimaksudkan untuk menjamin tersedianya kekuatan geser yang cukup.

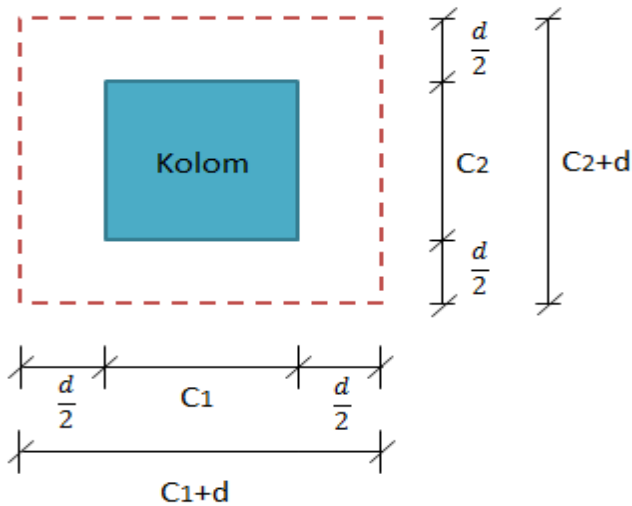
**Tabel 7.6** Nilai  $V_u$  dan  $M_u$  Hasil SAFE

Kolom Interior (mm)	$V_u$ (N)	$M_u$ (N-mm)
900x900	440480	521540005
700x700	363329,3	293873600
600x600	258481,7	416556600

**Tabel 7.7** Nilai  $V_u$  dan  $M_u$  Hasil SAFE

Kolom Eksterior (mm)	$V_u$ (N)	$M_u$ (N-mm)
900x900	185627,2	205248500
700x700	173692	36305900
600x600	175272,8	250200500

**a. Kolom 900x900 Interior**



**Gambar 7.4** Letak Bidang Kritis Kolom Interior

$$\begin{aligned}
 V_u &= 440480 \text{ N} \\
 \text{Pelat} &= 250 \text{ mm} \\
 \text{Drop Panel} &= 150 \text{ mm} \\
 \text{Selimut} &= 20 \text{ mm} \\
 C_1, C_2 &= 900 \text{ mm} \\
 \alpha_s \text{ kolom interior} &= 40 \text{ mm} \\
 \alpha_s \text{ kolom eksterior} &= 30 \text{ mm} \\
 d &= (250 + 150) - 20 - 16 - \frac{16}{2} \\
 &= 356 \text{ mm} \\
 b_o &= 2 \times (C_1 + d + C_2 + d) \\
 &= 2 \times (900 + 356 + 900 + 356) \\
 &= 5024 \text{ mm} \\
 A_o &= b_o \times d \\
 &= 5024 \times 356
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1788544 \text{ mm}^2 \\
 V_c &= \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \frac{\sqrt{f_c'} \times b_o \times d}{6} \\
 V_c &= 5655872,73 \text{ N} \\
 V_c &= \left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f_c'} \times b_o \times d}{12} \\
 &= 4557120,389 \text{ N} \\
 V_c &= \frac{1}{3} \times b_o \times d \times \sqrt{f_c'} \\
 V_c &= 3770581,824 \text{ N} \\
 V_c &= 3770581,824 \text{ N menentukan} \\
 V_u(\text{terjadi}) &= 440480 \text{ N} \\
 V_u(\text{terjadi}) &< V_c \text{ (tidak butuh tulangan geser)}
 \end{aligned}$$

#### b. Kolom 700x700 Interior

$$\begin{aligned}
 V_u &= 363329,3 \text{ N} \\
 \text{Pelat} &= 250 \text{ mm} \\
 \text{Drop Panel} &= 150 \text{ mm} \\
 \text{Selimut} &= 20 \text{ mm} \\
 C1, C2 &= 900 \text{ mm} \\
 d &= (250 + 150) - 20 - 16 - \frac{16}{2} \\
 &= 356 \text{ mm} \\
 b_o &= 2 \times (C1 + d + C2 + d) \\
 &= 2 \times (700 + 356 + 700 + 356) \\
 &= 4224 \text{ mm} \\
 A_o &= b_o \times d \\
 &= 4224 \times 356 \\
 &= 1503744 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
V_c &= \left(1 + \frac{2}{\beta c}\right) \frac{\sqrt{f'c'} \times b_o \times d}{6} \\
V_c &= 4755256,058 \text{ N} \\
V_c &= \left(\frac{\alpha s \times d}{b_o} + 2\right) \frac{\sqrt{f'c'} \times b_o \times d}{12} \\
&= 4256914,83 \text{ N} \\
V_c &= \frac{1}{3} \times b_o \times d \times \sqrt{f'c'} \\
V_c &= 3170170,705 \text{ N} \\
V_c &= 3770581,824 \text{ N menentukan} \\
V_u(\text{terjadi}) &= 363329,3 \text{ N} \\
V_u(\text{terjadi}) &< V_c \text{ (tidak butuh tulangan geser)}
\end{aligned}$$

**c. Kolom 600x600 Interior**

$$\begin{aligned}
V_u &= 258481,7 \text{ N} \\
\text{Pelat} &= 250 \text{ mm} \\
\text{Drop Panel} &= 150 \text{ mm} \\
\text{Selimut} &= 20 \text{ mm} \\
C1, C2 &= 900 \text{ mm} \\
d &= (250 + 150) - 20 - 16 - \frac{16}{2} \\
&= 356 \text{ mm} \\
b_o &= 2 \times (C1 + d + C2 + d) \\
&= 2 \times (600 + 356 + 600 + 356) \\
&= 3824 \text{ mm} \\
A_o &= b_o \times d \\
&= 3824 \times 356 \\
&= 1361344 \text{ mm}^2 \\
V_c &= \left(1 + \frac{2}{\beta c}\right) \frac{\sqrt{f'c'} \times b_o \times d}{6}
\end{aligned}$$

$$V_c = 4304947,71 \text{ N}$$

$$V_c = \left( \frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2 \right) \frac{\sqrt{f_c'} \times b_o \times d}{12}$$

$$= 4106812,05 \text{ N}$$

$$V_c = \frac{1}{3} \times b_o \times d \times \sqrt{f_c'}$$

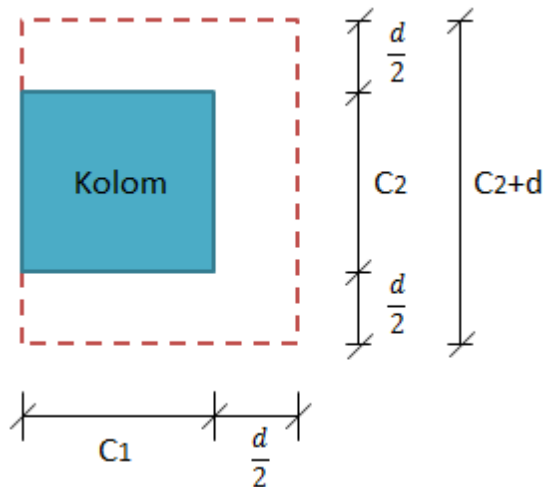
$$V_c = 2869965,14 \text{ N}$$

$$V_c = 2869965,14 \text{ N menentukan}$$

$$V_u(\text{terjadi}) = 258481,7 \text{ N}$$

$$V_u(\text{terjadi}) < V_c \text{ (tidak butuh tulangan geser)}$$

#### d. Kolom 900x900 Eksterior



**Gambar 7.5** Letak Bidang Kritis Kolom Eksterior

$$\begin{aligned}
V_u &= 185627,2 \text{ N} \\
\text{Pelat} &= 250 \text{ mm} \\
\text{Drop Panel} &= 150 \text{ mm} \\
\text{Selimut} &= 20 \text{ mm} \\
C1, C2 &= 900 \text{ mm} \\
d &= (250 + 150) - 20 - 16 - \frac{16}{2} \\
&= 356 \text{ mm} \\
b_o &= 2 \times \left( C1 + \frac{1}{2}d + C2 + d \right) \\
&= 2 \times (900 + 178 + 900 + 356) \\
&= 4668 \text{ mm} \\
A_o &= b_o \times d \\
&= 4668 \times 356 \\
&= 1661808 \text{ mm}^2 \\
V_c &= \left( 1 + \frac{2}{\beta c} \right) \frac{\sqrt{f_c'} \times b_o \times d}{6} \\
V_c &= 5255098,314 \text{ N} \\
V_c &= \left( \frac{\alpha s \times d}{b_o} + 2 \right) \frac{\sqrt{f_c'} \times b_o \times d}{12} \\
&= 3755571,546 \text{ N} \\
V_c &= \frac{1}{3} \times b_o \times d \times \sqrt{f_c'} \\
V_c &= 3503398,876 \text{ N} \\
V_c &= 3503398,876 \text{ N menentukan} \\
V_u(\text{terjadi}) &= 185627,2 \text{ N} \\
V_u(\text{terjadi}) &< V_c \text{ (tidak butuh tulangan geser)}
\end{aligned}$$

**e. Kolom 700x700 Eksterior**

$$\begin{aligned}
V_u &= 173692 \text{ N} \\
\text{Pelat} &= 250 \text{ mm}
\end{aligned}$$



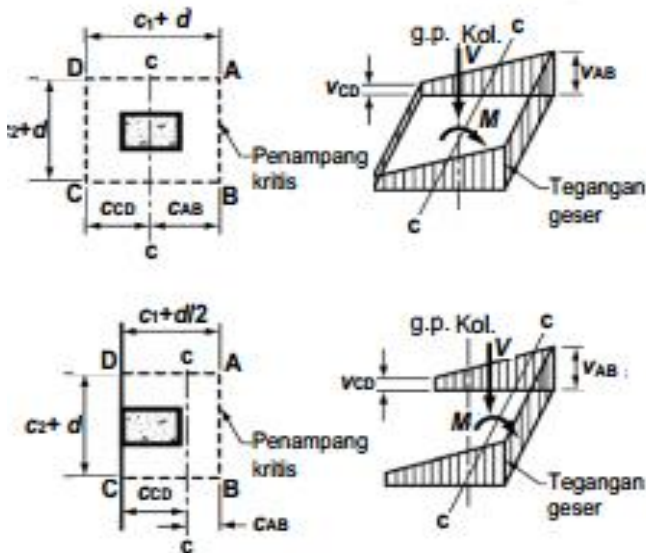
$$\begin{aligned}
\text{Drop Panel} &= 150 \text{ mm} \\
\text{Selimut} &= 20 \text{ mm} \\
C1, C2 &= 900 \text{ mm} \\
d &= (250 + 150) - 20 - 16 - \frac{16}{2} \\
&= 356 \text{ mm} \\
b_o &= 2 \times \left( C1 + \frac{1}{2}d + C2 + d \right) \\
&= 2 \times (700 + 178 + 700 + 356) \\
&= 3868 \text{ mm} \\
A_o &= b_o \times d \\
&= 3868 \times 356 \\
&= 1377008 \text{ mm}^2 \\
V_c &= \left( 1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \frac{\sqrt{f_c'} \times b_o \times d}{6} \\
V_c &= 4354481,63 \text{ N} \\
V_c &= \left( \frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2 \right) \frac{\sqrt{f_c'} \times b_o \times d}{12} \\
&= 3380314,597 \text{ N} \\
V_c &= \frac{1}{3} \times b_o \times d \times \sqrt{f_c'} \\
V_c &= 2752884,978 \text{ N} \\
V_c &= 2752884,978 \text{ N menentukan} \\
V_u(\text{terjadi}) &= 173692 \text{ N} \\
V_u(\text{terjadi}) &< V_c \text{ (tidak butuh tulangan geser)}
\end{aligned}$$

**f. Kolom 600x600 Eksterior**

$$\begin{aligned}
V_u &= 175272,8 \text{ N} \\
\text{Pelat} &= 250 \text{ mm} \\
\text{Drop Panel} &= 150 \text{ mm} \\
\text{Selimut} &= 20 \text{ mm}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
C1, C2 &= 900 \text{ mm} \\
d &= (250 + 150) - 20 - 16 - \frac{16}{2} \\
&= 356 \text{ mm} \\
b_o &= 2 \times \left( C1 + \frac{1}{2} d + C2 + d \right) \\
&= 2 \times (600 + 178 + 600 + 356) \\
&= 3468 \text{ mm} \\
A_o &= b_o \times d \\
&= 3468 \times 356 \\
&= 1234608 \text{ mm}^2 \\
V_c &= \left( 1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \frac{\sqrt{f_c'} \times b_o \times d}{6} \\
V_c &= 3904173,297 \text{ N} \\
V_c &= \left( \frac{\alpha_s \times d}{b_o} + 2 \right) \frac{\sqrt{f_c'} \times b_o \times d}{12} \\
&= 3305263,207 \text{ N} \\
V_c &= \frac{1}{3} \times b_o \times d \times \sqrt{f_c'} \\
V_c &= 2602782,198 \text{ N} \\
V_c &= 2602782,198 \text{ N menentukan} \\
V_u(\text{terjadi}) &= 175272,8 \text{ N} \\
V_u(\text{terjadi}) &< V_c \text{ (tidak butuh tulangan geser)}
\end{aligned}$$

### 7.3.6 Pelimpahan Momen dan Gaya Geser pada Pertemuan Pelat dan Kolom



**Gambar 7.6** Distribusi Tegangan Geser (SNI 2847:2013)

Menurut SNI 2847:2013 Pasal 11.11.7.1, dalam perencanaan pelat tanpa balok penumpu diperlukan peninjauan terhadap momen tak berimbang pada muka kolom penumpu, sehingga apabila beban gravitasi, angin, gempa atau beban lateral lainnya menyebabkan terjadinya perpindahan momen antara pelat dan kolom, maka dari sebagian momen yang tak berimbang harus dilimpahkan sebagai lentur pada keliling kolom dan sebagian menjadi tegangan geser eksentris.

**a. Kolom 900x900 Interior**

$$\begin{aligned}
 V_u &= 440480 & \text{N} \\
 &= 44048 & \text{kg} \\
 M_u &= 521540000 & \text{Nmm} \\
 &= 52154 & \text{kgm} \\
 A_o &= 1788544 \text{mm}^2 \\
 &= 1,788544 \text{m}^2 \\
 d &= 356 \text{mm} \\
 c_1, c_2 + d &= 900 + 356 \\
 &= 1256 \text{mm} \\
 C_{ab} &= 1/2 \times 1256 \\
 &= 628 \text{mm}
 \end{aligned}$$

$$J_c = \frac{d(c+d)^3}{6} + \frac{(c+d)d^3}{6} + \frac{d(c_2+d)(c_1+d)^2}{2}$$

Jc

$$= \frac{0,356(1,256)^3}{6} + \frac{(1,256)0,356^3}{6} + \frac{0,356(1,256)(1,256)^2}{2}$$

$$J_c = 0,244569 \text{m}^4$$

$$\gamma_v = 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{c_1 + d}{c_2 + d}}}$$

$$= 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{1,256}{1,256}}}$$

$$= 0,4$$

$$V_{uAB} = \frac{V_u}{A_o} + \frac{\gamma_v \times M_u \times C_{ab}}{J_c}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{44048}{1,788544} + \frac{0,4 \times 52154 \times 0,628}{0,47969} \\
 &= 78195,89 \text{ kg} = 781958,9 \text{ N} \\
 V_{uCD} &= \frac{V_u}{A_o} - \frac{\gamma \times Mu \times Cab}{J_c} \\
 &= \frac{44048}{1,788544} - \frac{0,4 \times 52154 \times 0,628}{0,47969} \\
 &= -28940,2 \text{ kg} = -289402 \text{ N} \\
 V_{uperlu} &= 78195,89 \text{ kg} = 781958,9 \text{ N} \\
 \phi V_c &= \phi \times 0,17 \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \\
 \phi V_c &= 1442248 \text{ N} \\
 V_u &< \phi V_c \text{ (tidak butuh tulangan geser)}
 \end{aligned}$$

**b. Kolom 700x700 Interior**

$$\begin{aligned}
 V_u &= 363329,3 \quad \text{N} \\
 &= 36332,93 \quad \text{kg} \\
 Mu &= 293873600 \quad \text{Nmm} \\
 &= 29387,36 \quad \text{kgm} \\
 A_o &= 1503744 \text{ mm}^2 \\
 &= 1,503744 \text{ m}^2 \\
 d &= 356 \text{ mm} \\
 c_1, c_2 + d &= 700 + 356 \\
 &= 1056 \text{ mm} \\
 Cab &= 1/2 \times 1056 \\
 &= 528 \text{ mm}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 J_c &= \frac{d(c+d)^3}{6} + \frac{(c+d)d^3}{6} + \frac{d(c_2+d)(c_1+d)^2}{2} \\
 J_c &= \frac{0,356(1,056)^3}{6} + \frac{(1,056)0,356^3}{6} + \frac{0,356(1,056)(1,056)^2}{2} \\
 J_c &= 0,147681 \text{ m}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \rho &= 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{c_1 + d}{c_2 + d}}} \\
 &= 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{1,256}{1,256}}} \\
 &= 0,4 \\
 V_{uAB} &= \frac{V_u}{A_o} + \frac{\rho \times Mu \times Cab}{J_c} \\
 &= \frac{36332,93}{1,503744} + \frac{0,4 \times 29387,36 \times 0,528}{0,147681} \\
 &= 103878,3 \text{ kg} = 1038783 \text{ N} \\
 V_{uCD} &= \frac{V_u}{A_o} - \frac{\rho \times Mu \times Cab}{J_c} \\
 &= \frac{36332,93}{1,503744} - \frac{0,4 \times 29387,36 \times 0,528}{0,147681} \\
 &= -45293,9 \text{ kg} = 452939 \text{ N} \\
 V_{\text{perlu}} &= 103878,3 \text{ kg} = 1038783 \text{ N} \\
 \phi V_c &= \phi \times 0,17 \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \\
 \phi V_c &= 1212590 \text{ N} \\
 V_u &< \phi V_c \text{ (tidak butuh tulangan geser)}
 \end{aligned}$$

**c. Kolom 600x600 Interior**

$$\begin{aligned}
 V_u &= 258481,7 & \text{N} \\
 &= 25848,17 & \text{kg} \\
 Mu &= 416556600 & \text{Nmm} \\
 &= 41655,66 & \text{kgm} \\
 A_o &= 1361344 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 1,361344m^2 \\
 d &= 356mm \\
 c_1, c_2 + d &= 600 + 356 \\
 &= 956mm \\
 Cab &= 1/2 \times 956 \\
 &= 478mm
 \end{aligned}$$

$$Jc = \frac{d(c+d)^3}{6} + \frac{(c+d)d^3}{6} + \frac{d(c_2+d)(c_1+d)^2}{2}$$

$$Jc = \frac{0,356(0,956)^3}{6} + \frac{(0,956)0,356^3}{6} + \frac{0,356(0,956)(0,956)^2}{2}$$

$$Jc = 0,110871m^4$$

$$\gamma = 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{c_1 + d}{c_2 + d}}}$$

$$= 1 - \frac{1}{1 + \frac{2}{3} \sqrt{\frac{1,256}{1,256}}}$$

$$= 0,4$$

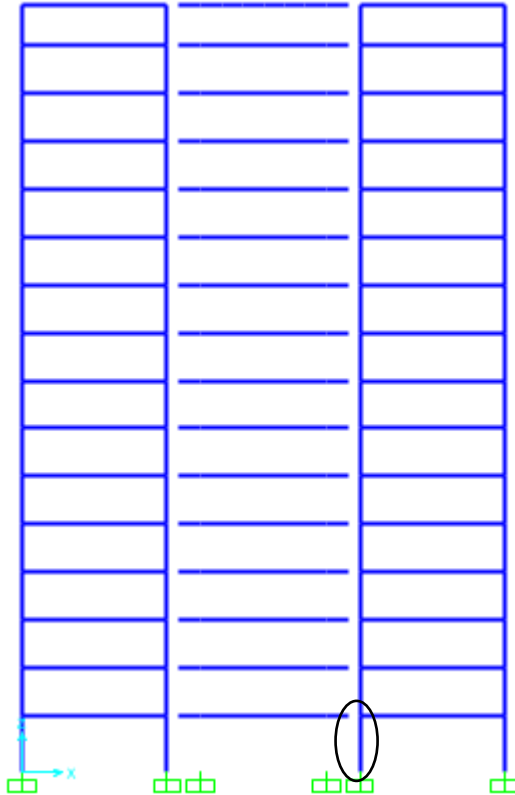
$$\begin{aligned}
 VuAB &= \frac{Vu}{Ao} + \frac{\gamma \times Mu \times Cab}{Jc} \\
 &= \frac{25848,17}{1,361344} + \frac{0,4 \times 41655,66 \times 0,478}{0,110871} \\
 &= 90823,81kg = 908238,1N
 \end{aligned}$$

$$VuCD = \frac{Vu}{Ao} - \frac{\gamma \times Mu \times Cab}{Jc}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{25848,17}{1,361344} - \frac{0,4 \times 41655,66 \times 0,478}{0,110871} \\
 &= -52849,3 \text{ kg} = 528493 \text{ N} \\
 V_{\text{perlu}} &= 90823,81 \text{ kg} = 908238,1 \text{ N} \\
 \phi V_c &= \phi \times 0,17 \times \sqrt{f_c'} \times b_o \times d \\
 \phi V_c &= 1097762 \text{ N} \\
 V_u &< \phi V_c \text{ (tidak butuh tulangan geser)}
 \end{aligned}$$



## 7.4 Perencanaan Kolom



**Gambar 7.7** Potongan rangka

Pada perencanaan Tugas Akhir ini, kolom yang diperhitungkan diambil pada kolom lantai 1. Data kolom perencanaan dimensi kolom tersebut adalah sebagai berikut :

- Mutu Beton : 40 Mpa
- Mutu Baja : 400 Mpa
- Dimensi Kolom : 90/90 cm

- Tebal decking : 40 mm
- Diameter Tulangan Utama (D) : 25 mm
- Diameter Sengkang ( $\phi$ ) : 16 mm
- $d = h - \text{selimut} - \phi - 0,5D$   
 $= 900 - 40 - 16 - (0,5 \times 25) = 831,5 \text{ mm}$

Dengan menggunakan *software* SAP2000 diperoleh Besarnya gaya pada kolom atas adalah sebagai berikut:

**Tabel 7.8** Hasil Gaya Dalam Kolom Lantai 1

Combination	P	M <sup>+</sup>	M <sup>-</sup>	V
	Kg	Kg-m	Kg-m	Kg
Envelope	61084.25	14756.88	12983.15	4568.89
Envelope	59471.45	12964.39	2818.11	4367.11
Envelope	57858.65	8140.55	25242.93	2874.41
Envelope	445485.3	14798.14	25170.2	14010.62
Envelope	442259.7	9671.78	15382.81	14271.28
Envelope	57796.23	24768.97	30894.43	14483.52
Envelope	56183.43	29074.4	23097.06	14619.3
Envelope	426599.6	2053.96	19102.25	12914.18
Envelope	292066.2	12097.31	2983.75	11582.45
Envelope	290453.4	25586.86	20961.63	12941.75
Envelope	911099.2	25147.95	16193.6	11120.91
Envelope	993860.7	13876.07	20024.67	10366.75

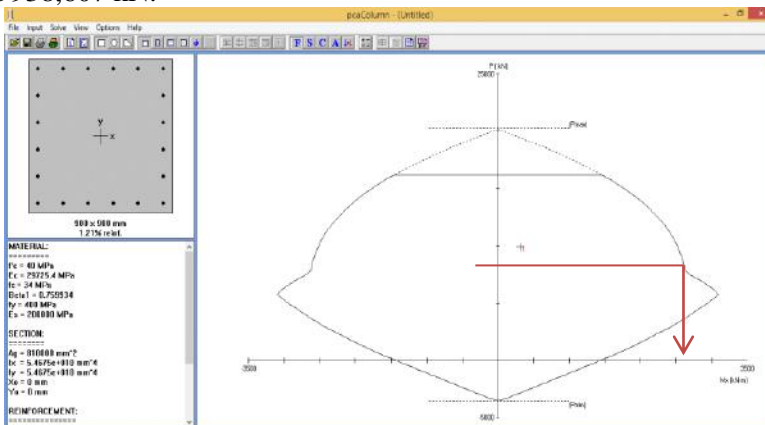
Diambil gaya dalam paling kritis :

$$\begin{aligned} P &= 993860.7 \quad \text{Kg} \\ M^+ &= 29074.4 \quad \text{Kg-m} \\ M^- &= 30894.43 \quad \text{Kg-m} \\ V_u &= 14619.3 \quad \text{Kg} \end{aligned}$$

Sesuai dengan persyaratan pada SNI -03-2847 2013 komponen struktur yang memikul gaya aksial terfaktor akibat beban gravitasi terfaktor yang melebihi  $A_g \cdot f_c' / 10$ , harus memenuhi ketentuan pada pasal 21.6.4, 21.6.5, dan 21.7.3.

$$\begin{aligned} \text{Gaya aksial terfaktor} &\leq A_g \times \frac{f'_c}{10} \\ &\leq 900 \times 900 \times \frac{40}{10} \\ &\leq 3240000 \text{ N} = 3240 \text{ kN} \end{aligned}$$

Dari hasil analisa dengan program bantu *SAP 2000* didapat gaya aksial tekan terfaktor yang terbesar adalah 993860,7 Kg = 9938,607 kN.



**Gambar 7.8** Diagram interaksi aksial vs momen kolom eksterior lantai 1

Berdasarkan kombinasi pada **Tabel 7.** , maka kolom memerlukan tulangan memanjang (longitudinal) sebanyak 20D25 ( $\rho = 1,21 \%$ ) seperti pada hasil perhitungan program bantu *spColumn* pada **Gambar 7.** Kebutuhan  $\rho$  tersebut telah memenuhi syarat SNI 03-2847-2013 pasal 10.9.1 yaitu antara 1%- 8%. Dari hasil analisis kolom menggunakan program bantu *spColumn*, didapat hasil analisa sebagai berikut :

- Rasio tulangan longitudinal = 1,21 %
- Penulangan 20D25 =  $A_s = 9817,477 \text{ mm}^2$
- $I_x = 5,4675 \times 10^{10} \text{ mm}^4$
- $I_y = 5,4675 \times 10^{10} \text{ mm}^4$
- $A_g = 810000 \text{ mm}^2$

#### Kontrol syarat SNI 03-2847-2013 Ps.21.6.3.1

$$\begin{aligned} A_g &= 810000 \text{ mm}^2 \\ A_{st} = 9817,477 \text{ mm}^2 &\geq 0,01 A_g = 8100 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK}) \\ A_{st} = 9817,477 \text{ mm}^2 &\leq 0,06 A_g = 48600 \text{ mm}^2 \quad (\text{OK}) \end{aligned}$$

#### Kontrol kapasitas beban aksial kolom

Sesuai SNI 03-2847-2013 Pasal 12.3.5.2, kapasitas beban aksial kolom tidak boleh kurang dari beban aksial terfaktor hasil analisa struktur.

$$\begin{aligned} \phi P_n (\text{max}) &= 0,8 \times \phi \times [0,85 \times f_c' \times (A_g - A_{st}) + f_y \times A_{st}] \\ &= 16189262,23 \text{ N} \\ &= 16189262,23 \text{ N} > 9938606,8 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{OK} \end{aligned}$$

jadi, tulangan memanjang 20 D 25 dapat digunakan.

#### A. Pengekang Eksterior

Bedasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 21.6.4.1 panjang  $l_0$  tidak boleh kurang dari yang terbesar dari :

$$\begin{aligned} L_0 &\geq h = 900 \text{ mm} \\ &\geq \frac{1}{6} \times l_n = \frac{1}{6} \times 2500 = 416,6667 \text{ mm} \\ &\geq 450 \text{ mm} \end{aligned}$$

∴ Maka,  $l_0$  pakai adalah 900 mm

Untuk jarak begel (s) berdasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 21.6.4.3 tidak boleh melebihi yang terkecil dari : (diamater pakai sengkang 16 mm)

$$\frac{1}{4} \times b = \frac{1}{4} \times 900 = 225 \text{ mm}$$

$$6 \times dl = 6 \times 25 = 150 \text{ mm}$$

$$100 + \left( \frac{350 - h_x}{3} \right) = 100 + \left( \frac{350 - 0,5 \times (900 - 2 \times (40 + 16/2))}{3} \right) = 82,7 \text{ mm}$$

$$100 \leq S_o \leq 150$$

Dipakai jarak begel (s) = 100 mm (minimum)

Untuk Ash minimal sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 21.6.4.4 diperoleh dari nilai lebih besar dari hasil 2 rumus berikut :

$$A_{sh} = 0,3 \times \frac{sb_c f_c'}{f_{yt}} \left[ \left( \frac{A_g}{A_{ch}} \right) - 1 \right]$$

atau

$$A_{sh} = 0,09 \frac{sb_c f_c'}{f_{yt}}$$

$$A_{sh} = 0,3 \times \frac{100 \times 828 \times 40}{400} \left[ \left( \frac{810000}{739600} \right) - 1 \right] = 236,4435 \text{ mm}^2$$

atau

$$A_{sh} = 0,09 \frac{100 \times 828 \times 40}{400} = 745,2 \text{ mm}^2$$

$$A_s = 4 \times \frac{1}{4} \times \pi \times 16^2 = 804,2477 \text{ mm}^2 > A_{sh} \text{ max} = 745,2 \text{ mm}^2$$

Untuk memenuhi syarat diatas dipasang 4D16 – 100 ( $A_{sh} = 804,2477 \text{ mm}^2 > 745,2 \text{ mm}^2$ ). Mengingat beban aksial terfaktor kolom eksterior minimal  $9938,6068 \text{ kN} > 3240 \text{ kN}$ , maka Nilai  $V_c$  diambil sesuai SNI 03-2847-2013 pasal 11.2.1.2

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{N_u}{14 A_g} \right) \lambda \sqrt{f_c} b_w d$$

$$V_c = 0,17 \left( 1 + \frac{9938606,8}{14 \times 810000} \right) \times 1 \times \sqrt{40} \times 900 \times 828$$

$$V_c = 1473946,521 \text{ N} = 1473,946521 \text{ kN}$$

Bedasarkan  $A_v$  4D16 =  $804,2477 \text{ mm}^2$  dan s terpasang = 100 mm

$d = h \text{ kolom} - d' - \phi \text{ sengkang} - \frac{1}{2} dl$

$$d = 900 - 40 - 16 - \frac{1}{2} 25$$

$$d = 828 \text{ mm}$$

$$V_s = \frac{A_s \times f_y \times d}{s}$$

$$V_s = \frac{804,2477 \times 400 \times 828}{100} = 2663668,446 \text{ N} = 2663,668446 \text{ kN}$$

Maka  $\phi(V_s + V_c)$

$$= 0,75(2663,6684 + 1473,946) = 2689,45 \text{ kN} > V_u = 146,193 \text{ kN}$$

Ini berarti  $A_{sh}$  terpasang di  $L_0 = 900 \text{ mm}$  cukup untuk menahan geser.

## **B. Panjang Lewatan pada Sambungan Tulangan Kolom lantai 1**

Sambungan kolom yang diletakkan di tengah tinggi kolom harus memenuhi ketentuan panjang lewatan yang ditentukan berdasarkan SNI03-2847-2013 pasal 12.2.3 berikut :

$$l_d = \left( \frac{f_y}{1,1\lambda\sqrt{f_c}} \frac{\Psi_t \Psi_e \Psi_s}{\left( \frac{c_b + K_{tr}}{d_b} \right)} \right) \times d_b$$

Dimana :

$$\Psi_t = 1 ; \Psi_e = 1 ; \Psi_s = 1$$

$$\lambda = 1$$

$K_{tr} = 0 \rightarrow$  penyederhanaan desain

$$c = 40 + d_s + \frac{1}{2}d_l$$

$$= 40 + 16 + \frac{1}{2} 25$$

$$= 68,5 \text{ mm}$$

$$l_d = \left( \frac{400}{1,1 \times 1 \times \sqrt{40}} \frac{1 \times 1 \times 1}{\left( \frac{68,5 + 0}{25} \right)} \right) \times 25$$

$$l_d = 395,285 \text{ mm}$$

Bedasarkan SNI 03-2847-2013 pasal 12.7.2 sambungan lewatan tulangan ulir dan kawat ulir  $l_d \geq 200\text{mm}$ , maka

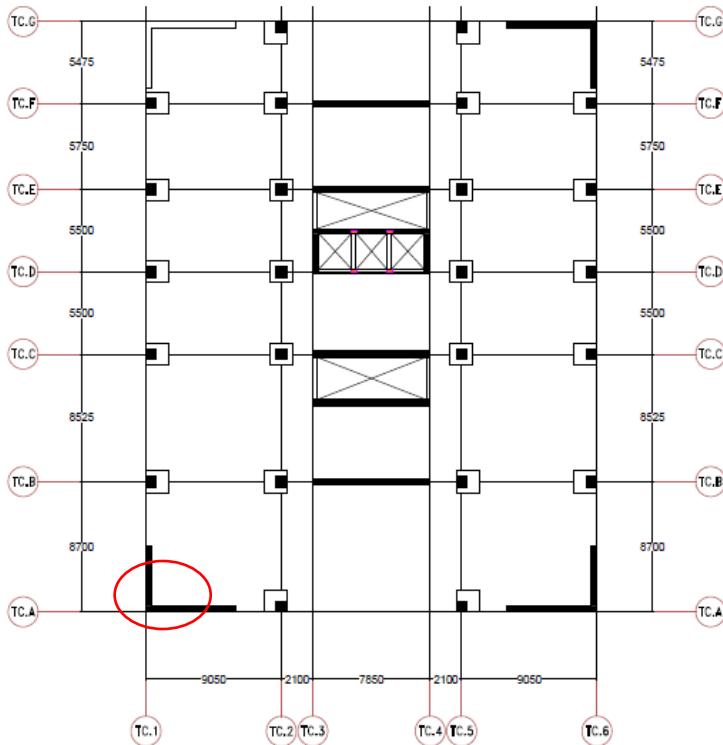
$$L_d \geq 200 \text{ mm}$$

$$395,285 \text{ mm} \geq 200 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

## 7.5 Perencanaan Dinding Struktural

Dinding geser (*Shearwall*) dalam struktur gedung berfungsi untuk menahan gaya geser dan momen momen yang terjadi akibat gaya lateral. Dinding geser bekerja sebagai sebuah balok kantilever vertikal dan dalam menyediakan tahanan lateral, dinding geser menerima tekuk maupun geser. Untuk dinding seperti itu, geser maksimum  $V_u$  dan momen maksimum  $M_u$  terjadi pada dasar dinding. Jika tegangan lentur diperhitungkan, besar tegangan lentur tersebut akan dipengaruhi oleh beban aksial

Nu (kombinasi aksial lentur). Dalam struktur bangunan ini dipakai model section dinding geser tipe I dengan tebal 40 cm. sebagai contoh perhitungan, akan direncanakan dinding geser I lantai 1 karena berdasarkan hasil analisa SAP 2000 mempunyai gaya paling maksimum.



**Gambar 7.9** Denah penempatan shearwall

Data perencanaan adalah sebagai berikut :

Mutu beton ( $f'_c$ )	= 40 MPa
Mutu baja ( $f_y$ )	= 420 MPa
Tebal dinding geser	= 40 cm
Tinggi shearwall	= 48 m (keseluruhan)

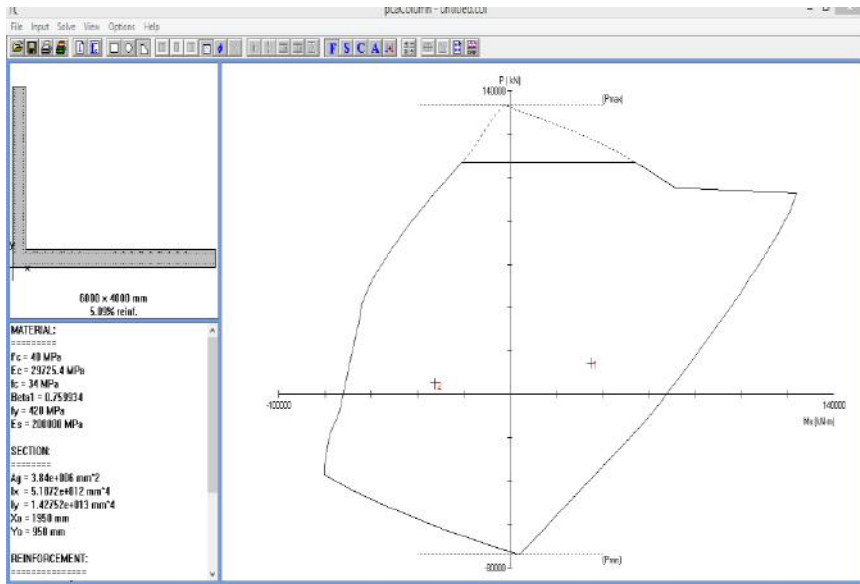


Tebal selimut beton = 40 mm

### 7.5.1 Penulangan Geser Dinding Struktural

**Tabel 7.9** Beban yang Dipikul Shearwall Lt 1

Kombinasi	Aksial (KN)	Mx (KNm)	My (KNm)
Envelope	14675,7	35073,1	32624,,2
Envelope	5064,3	32321	33805,3



**Gambar 7.10** Diagram Interaksi Shear Wall

- **Kontrol Rasio Tulangan Longitudinal Dinding Geser**  
Menurut SNI 03-2847-2013 Ps. 21.6, Luas Tulangan memanjang, ( $A_{st} = 195444 \text{ mm}^2$ ) tidak boleh kurang dari 0,01

Ag atau lebih dari 0,06 Ag. Dari diagram interaksi yang dibuat oleh program PCACOL, diperoleh :

Rasio Tulangan : 5,09% ( OK )

➤ **Kontrol Kapasitas Beban Aksial Dinding Geser terhadap Beban Aksial**

Dalam SNI 03-2847-2013 Ps.14.5.2 diketahui kekuatan aksial desain  $\phi P_n$  sebuah dinding harus memenuhi syarat :

$$\phi P_N = 0,55 \times \phi \times f_c' \times A_g \times \left( 1 - \left( \frac{k \times l_c}{32h} \right)^2 \right)$$

$$\phi P_N = 0,55 \times 0,65 \times 40 \times 3840000 \times \left( 1 - \left( \frac{0,8 \times 3500}{32 \times 400} \right)^2 \right)$$

$$\phi P_N = 33515625 \text{ N}$$

$$\phi P_N = 33515625 \text{ N} > P_{maks} = 14675700 \text{ N} \quad (\text{OK})$$

➤ **Gaya Geser Rencana**

Pada dinding struktur sedikitnya harus digunakan 2 lapis tulangan bila gaya geser di dalam bidang diantara 2 komponen

batas melebihi  $0,17 \times A_{cv} \times \sqrt{f'c}$ , dimana  $A_{cv}$  adalah luasan netto yang dibatasi oleh tebal dan panjang penampang dinding (SNI 03-2847-2013 pasal 21.9.2.2) :

$$V_u = 1671.5 \text{ kN} < 0,17 \times (2400000) \times \sqrt{40} = 12598.51 \text{ kN}$$

Sesuai syarat SNI 03-2847-2013 Ps.21.9.2.1 jarak spasi tulangan tidak boleh melebihi 450 mm, sehingga digunakan dua lapis tulangan.

➤ **Batas Kuat Geser Tiap Dinding Struktural**

Sesuai SNI 03 2847 2013 pasal 21.9.2.1 Untuk dinding struktur rasio tulangan di arah vertikal dan horizontal harus diatur tidak boleh kurang dari 0,0025 dan  $s \leq 450 \text{ mm}$ . Sementara itu

batas kuat geser DS sesuai pasal 21.9.4.4 SNI 2847 2013 adalah sebesar :

$$V_n = A_{cv} \left( \alpha_c \lambda \sqrt{f'c} + \rho_t f_y \right)$$

Dimana :

$$V_{nt} = V_u = 1671,3 \text{ kN}$$

$A_{cv}$  = luas penampang total dinding structural

$$\alpha_c = 0,25 \rightarrow hw/lw < 1,5$$

$$0,17 \rightarrow hw/lw > 2,0$$

$$\alpha_c = \frac{hw}{lw} = \frac{48}{6} = 8$$

$$\alpha_c = 0,17$$

$$s \leq \frac{lw}{5} = \frac{6}{5} = 1200 \text{ mm}$$

$$\leq 3 \times h = 3 \times 400 = 1200 \text{ mm}$$

$$\leq 450 \text{ mm}$$

$$s = 300 \text{ mm}$$

dipakai 2D16-300 (  $A_s = 402,1239 \text{ mm}^2$  )

$\rho_t$  = rasio tulangan arah transversal

$\rho_t$  = rasio tulangan arah longitudinal

$$\rho_t = \frac{2 \times A_s}{h \times s} = \frac{2 \times 402,1239}{400 \times 300} = 0,003723$$

$$\rho_t > 0,0025 \quad (\text{OK})$$

$$V_n = A_{cv} \left( \alpha_c \lambda \sqrt{f'c} + \rho_t f_y \right)$$

$$V_n = 2400000 \times \left( 0,17 \times 1 \times \sqrt{40} + 0,003723 \times 400 \right)$$

$$V_n = 6333,575 \text{ kN}$$

$$V_n = 6333,575 \text{ kN} > V_{nt} = 1671,3 \text{ Kn} \quad (\text{OK})$$

$V_n$  tidak perlu lebih besar dari

$$V_n < 0,66 \times A_{cv} \times \sqrt{f'c} = 100181 \text{ kg}$$

$$V_n < 0,83 \times A_{cv} \times \sqrt{f'c} = 1259851 \text{ kg}$$

$$V_n \text{ pakai} = 1259851 \text{ kg}$$

$$\phi V_N = 0,75 \times 1259851$$

$$\phi V_N = 944888,25 \text{ kg} = 944888,25 \text{ kN}$$

$$\phi V_N = 944888,25 \text{ kN} > V_{nt} = 1671,3 \text{ (OK)}$$

Jadi, penulangan direncanakan menggunakan 2D-16 (  $A_s = 402,1239 \text{ mm}^2$  ) dengan jarak antar tulangan sebesar 300 mm untuk tulangan transversal, dan D-32 (  $A_s = 801 \text{ mm}^2$  ) dengan jarak antar tulangan sebesar 70 mm untuk tulangan longitudinal.

Menurut SNI 03-2847-2013 Ps. 21.9.2.1. Spasi tulangan untuk masing-masing arah pada dinding struktur tidak boleh melebihi 450 mm.

$$\text{Spasi tulangan longitudinal} = 70 \text{ mm} < 450 \text{ mm} \text{ ( OK )}$$

$$\text{Spasi tulangan transversal} = 300 \text{ mm} < 450 \text{ mm} \text{ ( OK )}$$

Menurut SNI 03-2847-2013 Ps. 7.6.3. Spasi tulangan longitudinal tidak boleh kurang dari  $1,5d_b = 37,5 \text{ mm}$  atau kurang dari 40 mm.

$$\text{Spasi tulangan longitudinal} = 70 \text{ mm} > 40 \text{ mm} \text{ ( OK )}$$

$$\text{Spasi tulangan transversal} = 300 \text{ mm} > 37,5 \text{ mm} \text{ ( OK )}$$

### ➤ **Kontrol Komponen Batas Struktur**

Untuk mendapatkan kesimpulan diperlukan atau tidaknya komponen batas khusus atau *special boundary element* maka diperlukan analisa perhitungan lebih lanjut. Terdapat dua opsi untuk menentukan perlu atau tidaknya komponen batas khusus, yaitu berdasarkan pendekatan tegangan SNI 03-2847-2013 Ps 21.9.6.2 dan pendekatan perpindahan yang mengacu pada SNI 03-2847-2013 Ps 21.9.6.3.

Berdasarkan pendekatan perpindahan yang mengacu pada SNI 03-2847-2013 Ps 21.9.6.2, komponen batas khusus atau *special boundary element* diperlukan jika jarak C ( sumbu netral ) dari serat terluar zona tekan lebih besar dari nilai :

- $\frac{l_w}{600 \times \left( \frac{\delta u}{h_w} \right)}$
- $\frac{\delta u}{h_w} \geq 0,007$
- $C = \frac{\alpha}{\beta_1} = \frac{A_s \times f_y \times \beta_1}{0,85 \times f'_c \times b}$

Dimana :

$\delta u$  : perpindahan maksimum dinding geser pada puncak gedung dalam arah pembebanan gempa yang ditinjau.

$h_w$  : tinggi dinding keseluruhan dari dasar tepi atas

48 m

$l_w$  : panjang dinding geser

$\beta_1$  : 0,85

$l_w$  : 9600 mm

$\frac{\delta u}{h_w}$  : 0,007, diambil yang paling minimum

$A_v$  : 195444 mm<sup>2</sup> ( Hasil Output Spcolumn )

$$C = \frac{\alpha}{\beta_1} = \frac{195444 \times 420 \times 0,764286}{0,85 \times 40 \times 6000} = 307,537 \text{ mm}$$

$$\frac{l_w}{600 \times \left( \frac{\delta u}{h_w} \right)} = \frac{6000}{600 \times (0,007)} = 1428,571 \text{ mm}$$

$$307,537 \text{ mm} > 1428,571 \text{ mm}$$

Berdasarkan hasil perhitungan yang tertera diatas,maka dapat disimpulkan bahwa tidak diperlukan komponen batas khusus atau *special boundary element*. Namun komponen batas harus tetap diperlukan sebagai pengaku didinding geser.

Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Ps 21.9.6.2 (b) tulangan elemen pembatas harus menerus secara vertical dari penampang kritis suatu jarak tidak kurang dari :

$$\begin{aligned} L_w &= 6,5 \text{ m} \\ \mu_u/4 &= 35073,1/4 \times 1671,3 \\ &= 5,25 \text{ m} \end{aligned}$$

Karena elemen batas tetap direncanakan, maka sesuai dengan SNI 03 2847 2013 pasal 21.9.6.4 (a) , elemen batas harus dipasang secara horizontal dari serat tekan terluar tidak kurang dari pada :

$$C - 0,1l_w = 307,537 - (0,1 \times 6000) = 292,463 \text{ mm}$$

$$\frac{C}{2} = \frac{307,537}{2} = 153,7685 \text{ mm}$$

Jadi elemen batas harus dipasang minimal sejauh 400 mm

### ➤ **Penulangan Pada Komponen Batas**

Digunakan tulangan transversal dengan diameter 16 mm untuk arah penulangan komponen batas. Berdasarkan SNI 03-2847-2013 Ps 21.6.4.3, spasi tulangan transversal sepanjang  $l_o$  dimana  $s$  tidak boleh lebih besar dari:

- $\frac{1}{4} \times h = \frac{1}{4} \times 400 = 100 \text{ mm}$
- $6 \times db = 6 \times 16 = 96 \text{ mm}$
- $S_o = 100 + \left( \frac{350 - (0,5 \times (400 - 2 \times (40 + 16/2)))}{3} \right) = 166 \text{ mm}$

Dimana  $S_o$  tidak perlu lebih besar dari 150 mm dan tidak perlu lebih kecil dari 100 mm.

Diambil  $s = 100 \text{ mm}$

$$Ash = \frac{0,09 \times s \times hc \times f'c}{fy} = \frac{0,09 \times 100 \times 304 \times 40}{420} = 260,57 \text{ mm}^2$$

Dipakai sengkang 2D16 - 100

$$As = 402,12 \text{ mm}^2 > 260,57 \text{ mm}^2$$

## 7.6 Perencanaan Drop Panel

Drop panel memiliki fungsi utama untuk mengurangi tegangan geser di sekitar kolom. Setelah dilakukan pengujian terhadap tegangan geser pons pada pelat di sekitar kolom, ternyata hasilnya melebihi syarat tegangan geser pons. Agar struktur tidak mengalami retak akibat geser pons, maka dipasang drop panel setebal 15cm.

### 7.6.1 Perhitungan Tulangan Drop Panel

Tulangan atas pada drop panel dihitung menggunakan rumus:

$$Ash = \frac{0,5w \times \ln \times l_2}{0,87 \times fy}$$

$$\begin{aligned} W &= \text{Beban yang bekerja pada drop panel} \\ &= 1,2 \times 960 + 1,6 \times 192 \\ &= 1459,2 \text{ kg/m}^2 \\ &= 1459,2 \times 10^{-5} \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

$$Ash = \frac{0,5(1459,2) \times 1,45 \times 1,51}{0,87 \times 4000} = 0,459 \text{ cm}^2 / \text{cm}$$

Tulangan rencana yang digunakan	=	16	mm
As	=	2,01062	cm <sup>2</sup>
Luas tulangan perlu	=	0,459 x 40	

$$\begin{aligned} \text{Jumlah tulangan pasang} &= 18,36 \text{ mm}^2 \\ &= 9,13 \approx 10 \text{ buah} \end{aligned}$$

**Gaya dalam yang diterima drop panel, output SAP 2000**

$$M_x = 428166625 \text{ Nmm}$$

$$M_y = 488866917 \text{ Nmm}$$

➤ **Penulangan Arah X**

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$dx = 372 \text{ mm}$$

$$Mu = 428166625 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{0,9 \times b \times dx^2} = \frac{(1 - 0,5) \times 428166625}{0,9 \times 1000 \times 372^2} = 0,1934$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,7647$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,7647} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,7647 \times 0,1934}{400}} \right) = 0,0005 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho' &= \frac{Mu}{\phi \times f_y \times (dx - d') \times b \times dx} \\ &= \frac{0,5 \times 428166625}{0,9 \times 400 \times (372 - 28) \times 1000 \times 372} \\ &= 0,000522 \end{aligned}$$

$\rho_{\text{pakai}} = 0,0005 + 0,000522 = 0,001 < \rho_{\text{min}} = 0,00395$  dipakai  $\rho_{\text{min}}$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$A_{s_{\text{perlu}}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,003955 \times 1000 \times 372 = 1470,45911 \text{ mm}^2$$

Maka dipasang tulangan **D16-125 (  $A_s = 1608,495 \text{ mm}^2$  )**



➤ **Penulangan Arah Y**

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$dx = 372 \text{ mm}$$

$$Mu = 488866917 \text{ Nmm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{0,9 \times b \times dx^2} = \frac{(1 - 0,5) \times 488866917}{0,9 \times 1000 \times 372^2} = 0,2208$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \times f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,7647$$

$$\begin{aligned} \rho_{\text{perlu}} &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{11,7647} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,7647 \times 0,2208}{400}} \right) = 0,0006 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho' &= \frac{Mu}{\phi \times f_y \times (dx - d') \times b \times dx} \\ &= \frac{0,5 \times 488866917}{0,9 \times 400 \times (372 - 28) \times 1000 \times 372} \\ &= 0,000596 \end{aligned}$$

$$\rho_{\text{pakai}} = 0,0006 + 0,000596 = 0,00115 < \rho_{\text{min}} = 0,00395 \text{ dipakai}$$

$\rho_{\text{min}}$  sehingga didapatkan tulangan perlu sebesar :

$$As_{\text{perlu}} = \rho \times b \times d$$

$$= 0,003955 \times 1000 \times 372 = 1470,45911 \text{ mm}^2$$

Maka dipasang tulangan **D16-125** (  $As = 1608,495 \text{ mm}^2$  )

## **BAB VIII**

### **PERENCANAAN PONDASI**

#### **8.1 Umum**

Perencanaan pondasi merupakan perencanaan struktur bawah bangunan. Pondasi pada umumnya berlaku sebagai komponen struktur pendukung bangunan yang terbawah dan berfungsi sebagai elemen terakhir yang meneruskan beban ke tanah. Pondasi pada gedung ini direncanakan memakai pondasi tiang pancang jenis *spun pile* produk dari PT. WIKA (Wijaya Karya) Beton. Pada bab perencanaan pondasi pembahasan meliputi perencanaan jumlah tiang pancang yang dibutuhkan, perencanaan poer (pile cap) dan perencanaan sloof (Tie beam).

#### **8.2 Data Tanah**

Data tanah diperlukan untuk merencanakan pondasi yang sesuai dengan jenis dan kemampuan daya dukung tanah tersebut. Data tanah didapatkan melalui penyelidikan tanah pada lokasi dimana struktur tersebut akan dibangun. Dalam hal ini data tanah yang digunakan untuk perencanaan pondasi gedung apartemen “The Aspen @ Admiralty” adalah data tanah pembangunan gedung Tempo Tower yang berlokasi di Jl HR Rasuna Said, Jakarta Selatan

#### **8.3 Kriteria Design**

##### **8.3.1 Spesifikasi Tiang Pancang**

Pada perencanaan pondasi gedung ini, digunakan pondasi tiang pancang jenis *spun pile* Produk dari PT. Wijaya Karya Beton.

1. Tiang pancang beton pracetak (*precast concrete pile*) dengan bentuk penampang bulat.
2. Mutu beton tiang pancang K-600 (*concrete cube compressive strength is 600 kg/cm<sup>2</sup> at 28 days*).

Berikut ini, spesifikasi tiang pancang yang akan digunakan,

- *Diameter outside (D)* : 600 mm

- *Thickness* : 100 mm
- *Kelas* : A1
- *Bending momen crack* : 17 tm
- *Bending momen ultimate* : 25,5 tm
- *Allowable axial* : 252,7 ton

## 8.4 Daya Dukung

### 8.4.1 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

Daya dukung pada pondasi tiang pancang ditentukan oleh dua hal, yaitu daya dukung perlawanan tanah dari unsur dasar tiang pondasi ( $Q_p$ ) dan daya dukung tanah dari unsur lekatan lateral tanah ( $Q_r$ ). Sehingga daya dukung total dari tanah dapat dirumuskan :

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Di samping peninjauan berdasarkan kekuatan tanah tempat pondasi tiang pancang di tanam, daya dukung suatu tiang juga harus ditinjau berdasarkan kekuatan bahan tiang pancang tersebut.

Hasil daya dukung yang menentukan yang dipakai sebagai daya dukung ijin tiang. Perhitungan daya dukung dapat ditinjau dari dua keadaan, yaitu daya dukung tiang pancang tunggal yang berdiri sendiri dan daya dukung tiang pancang dalam kelompok. Perhitungan daya dukung tiang pancang ini dilakukan berdasarkan hasil uji *SPT* menurut Luciano Decourt.

$$Q_L = Q_p + Q_s$$

Dimana :

$Q_L$  = Daya dukung tanah maksimum pada pondasi

$Q_p$  = *Resistance ultime* di dasar pondasi

$Q_s$  = *Resistance ultime* akibat lekatan lateral

$Q_p = q_p \cdot A_p = (N_p \cdot K) \cdot A_p$

Dimana :

$A_p$  = Luas penampang ujung tiang

$N_p$  = Harga rata-rata *SPT* 4B diatas dasar pondasi dan 4B dibawah dasar pondasi.

K	= Koefisien karakteristik tanah
12 t/m <sup>2</sup>	= 117,7 kPa, (untuk lempung)
20 t/m <sup>2</sup>	= 196 kPa, (untuk lanau berlempung)
25 t/m <sup>2</sup>	= 245 kPa, (untuk lanau berpasir)
40 t/m <sup>2</sup>	= 392 kPa, (untuk pasir)
Q <sub>p</sub>	= Tegangan di ujung tiang
Q <sub>s</sub>	= q <sub>s</sub> . A <sub>s</sub> = (N <sub>s</sub> /3 + 1) . A <sub>s</sub>

Dimana :

q <sub>s</sub>	= Tegangan akibat lekatan lateral dalam t/m <sup>2</sup>
N <sub>s</sub>	= Harga rata-rata SPT sepanjang tiang yang tertanam, dengan batasan ; $3 \leq N \leq 50$
A <sub>s</sub>	= Keliling x panjang tiang yang terbenam

Harga N di bawah muka air tanah harus dikoreksi menjadi N' berdasarkan perumusan sebagai berikut (Terzaghi & Peck):

$$N' = 15 + 0,5 (N-15)$$

Dimana:

N	= Jumlah pukulan kenyataan di lapangan untuk di bawah muka air tanah
---	--

#### 8.4.2 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok

Untuk daya dukung pondasi group, terlebih dahulu dikoreksi dengan apa yang disebut dengan koefisien efisiensi Ce.

$$Q_{L (group)} = Q_{L (1 \text{ tiang})} \times n \times \eta$$

dengan n = jumlah tiang dalam group

Daya dukung pondasi kelompok menurut Converse Labarre adalah :

Efisiensi :

$$(\eta) = 1 - \left\{ \arctg \left( \frac{D}{S} \right) \left( 2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right) \right\}$$

Dimana :

D = diameter tiang pancang

S = jarak antar tiang pancang

m = jumlah baris tiang pancang dalam group

$n$  = jumlah kolom tiang pancang dalam group

### 8.4.3 Repartisi Beban di Atas Tiang Berkelompok

Bila di atas tiang-tiang dalam kelompok yang disatukan oleh sebuah kepala tiang (*poer*) bekerja beban-beban vertikal (V), horizontal (H), dan momen (M), maka besarnya beban vertical ekivalen ( $P_v$ ) yang bekerja pada sebuah tiang adalah

$$P_{\max} = \frac{\sum V}{n} + \frac{M_x \cdot y_{\max}}{\sum y_i^2} + \frac{M_y \cdot x_{\max}}{\sum x_i^2}$$

Dimana :

$P_i$  = Total beban yang bekerja pada tiang yang ditinjau

$y_{\max}$  = jarak maksimum tiang yang ditinjau dalam arah y

$x_{\max}$  = jarak maksimum tiang yang ditinjau dalam arah x

$\sum x_i^2$  = jumlah kuadrat jarak tiang pancang terhadap as poer arah x

$\sum y_i^2$  = jumlah kuadrat jarak tiang pancang terhadap as poer arah y

nilai x dan y positif jika arahnya sama dengan arah e, dan negatif bila berlawanan dengan arah e.

## 8.5 Perhitungan Tiang Pancang

Dari hasil analisa struktur dengan menggunakan program bantu SAP 2000, diambil output reaksi perletakan yang terbesar dengan hasil ialah sebagai berikut (dalam hal ini, nilai beban yang dimasukkan bukanlah beban service, tetapi beban awal sebelum ditambah faktor beban) :

$P$  = 734,133 t

$M_{ux}$  = 4579,64 kgm

$M_{uy}$  = 10658,19 kgm

$H_x$  = 10196,2 kg

$H_y$  = 4409,62 kg

### 8.5.1 Daya Dukung Tiang Pancang Tunggal

Dari hasil data tanah yang didapatkan dari Lab Mektan ITS digunakan contoh untuk kedalaman 18,5 m dengan diameter tiang

pancang 800 mm (lihat Tabel 8.1). Dari data tanah tersebut kemudian dihitung menggunakan persamaan *Luciano Decourt* :

$$Q_N = Q_p + Q_s$$

Dimana:

$$\begin{aligned} Q_p &= (N_p \times K) \times A_p \\ &= (35,1875 \times 40 \times 0,28274) = 397,961 \quad t \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_s &= (N_s/3 + 1) \times A_s \\ &= (5,614 + 1) \times 1,88496 \times 18,5 = 230,6425 \quad t \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q_L &= Q_p + Q_s \\ &= 397,961 + 230,6425 = 628,60375 \quad t \end{aligned}$$

$$Q_U = \frac{Q_L}{S_f} = \frac{628,60375}{3} = 209,53 \quad t$$

Dari hasil  $Q_u$  yang didapatkan maka rencana jumlah tiang pancang adalah :

$$n = \frac{P_n}{Q_u} = \frac{734,133}{209,53} = 3,504 \approx 4 \text{ buah}$$

Secara lengkap perhitungan daya dukung tiang pancang tunggal disajikan dalam tabel 8.1 berikut ini :

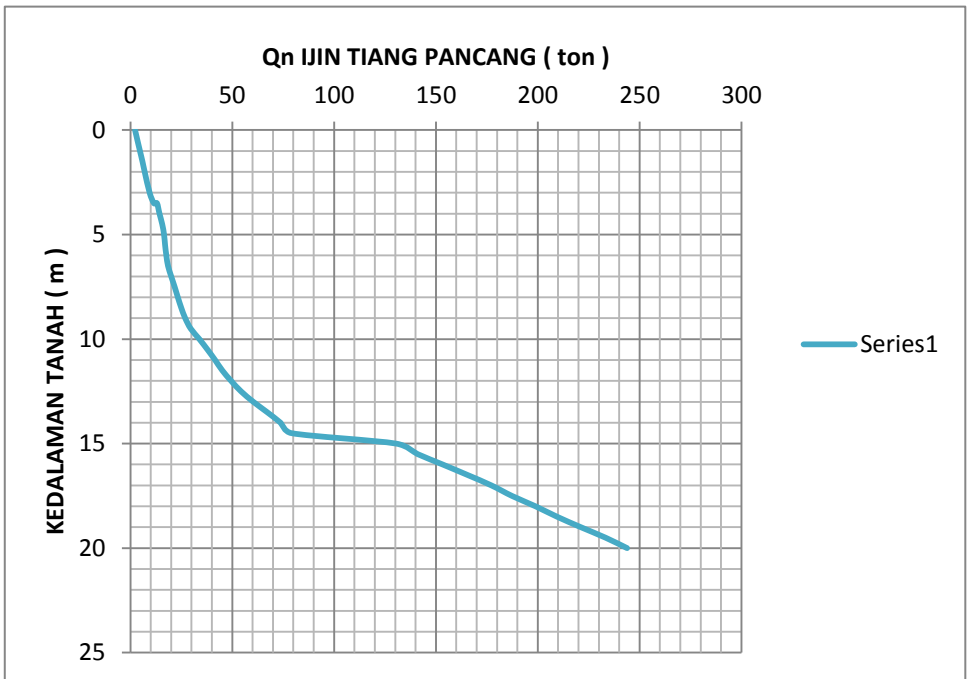
**Tabel 8.1** Daya dukung tiang pancang tunggal

D (m )	N- SP T	N'	Jeni s	Np	K	qp	Ns	Ns/3	Qs	Qp	Qs	Ql	Qijin	n min
			Tan ah		t/ m <sup>2</sup>	t/m <sup>2</sup>			t/m <sup>2</sup>	ton	ton	ton	ton	tiang
0	0	0	SC	1.2	20	24	0	0	1	6.785	0	6.78584	2.261	324.5
0.5	0	0	SC	1.666	20	33.33	0	0	1	9.424	0.9424	10.3672	3.455	212.4
1	0	0	SC	2.142	20	42.85	0	0	1	12.11	1.8849	14.0025	4.667	157.2
1.5	3	3	SC	2.5	20	50	0.75	0.25	1.25	14.13	3.5342	17.6714	5.890	124.6
2	3	3	SC	2.777	20	55.55	1.2	0.4	1.4	15.70	5.2778	20.9858	6.995	104.9
3	4	4	SC	3.444	20	68.88	1.66	0.555	1.555	19.47	8.7964	28.2743	9.424	77.89
3.5	5	5	SC	4.111	20	82.22	2.143	0.714	1.714	23.24	11.309	34.5575	11.51	63.73
3.5	5	5	SC	4.777	20	95.55	2.5	0.833	1.833	27.01	12.095	39.1128	13.03	56.30
4	5	5	SC	5	20	100	2.778	0.925	1.925	28.27	14.521	42.7954	14.26	51.46
4.5	6	6	SC	5.222	20	104.4	3.1	1.033	2.033	29.53	17.247	46.7783	15.59	47.08
5	6	6	SC	5.222	20	104.4	3.364	1.121	2.121	29.53	19.991	49.5229	16.50	44.47
5.5	6	6	SC	5	20	100	3.583	1.194	2.194	28.27	22.750	51.0247	17.00	43.16
6	5	5	SC	4.888	20	97.77	3.692	1.233	2.230	27.64	25.229	52.8754	17.62	41.65

6.5	5	5	SC	4.888	20	97.77	3.786	1.261	2.261	27.64	27.713	55.3593	18.45	39.78
7	4	4	SC	5.333	20	106.6	3.8	1.266	2.266	30.15	29.907	60.0672	20.02	36.66
7.5	3	3	SC	5.888	20	117.7	3.75	1.25	2.25	33.30	31.808	65.1095	21.70	33.82
8	4	4	SC	6.333	20	126.6	3.765	1.254	2.254	35.81	34.003	69.8172	23.27	31.54
8.5	5	5	SC	6.777	20	135.5	3.833	1.277	2.277	38.32	36.494	74.8222	24.94	29.43
9	10	10	SC	7.111	20	142.2	4.158	1.385	2.385	40.21	40.476	80.6893	26.89	27.29
9.5	11	11	SC	7.777	20	155.5	4.5	1.5	2.5	43.98	44.767	88.7499	29.58	24.81
10	10	10	SC	9.333	20	186.6	4.762	1.587	2.587	52.77	48.769	101.548	33.84	21.68
10.5	9	9	SC	10.77	20	215.5	4.955	1.651	2.651	60.94	52.478	113.425	37.80	19.41
11	8	8	SC	12.16	20	243.3	5.087	1.695	2.695	68.80	55.893	124.693	41.56	17.66
11.5	10	10	SC	13.33	20	266.6	5.292	1.763	2.763	75.39	59.912	135.311	45.10	16.27
12	19	17	SC	14.44	20	288.8	5.84	1.946	2.946	81.68	66.652	148.333	49.44	14.84
12.5	19	17	SC	15.83	20	316.6	6.346	2.115	3.115	89.53	73.404	162.939	54.31	13.51
13	20	17.5	CS	17.77	20	355.5	6.852	2.283	3.283	100.5	80.471	181.002	60.33	12.16
13.5	26	20.5	CS	19.83	20	396.6	7.536	2.511	3.511	112.1	89.367	201.521	67.17	10.92
14	27	21	CS	21.66	20	433.3	8.207	2.735	3.735	122.5	98.581	221.103	73.70	9.960



				667		33		6321	63	221	011	124	104	96
14. 5	30	22. 5	CS	22.72	20	454.4	8.933	2.977	3.977	128.4	108.72	237.211	79.07	9.284
15	38	26. 5	SS	23.88	40	955.5	9.871	3.290	4.290	270.1	121.30	391.482	130.4	5.625
15. 5	38	26. 5	SS	25.55	40	1022. 22	10.75	3.583	4.583	289.0	133.91	422.936	140.9	5.207
16	38	26. 5	SS	27.72	40	1108. 89	11.58	3.858	4.858	313.5	146.53	460.062	153.3	4.787
16. 5	38	26. 5	SS	29.83	40	1193. 33	12.35	4.117	5.117	337.4	159.16	496.574	165.5	4.435
17	40	27. 5	SS	31.77	40	1271. 11	13.14	4.380	5.380	359.3	172.42	531.826	177.2	4.141
17. 5	50	32. 5	SS	33	40	1320	14.17	4.722	5.722	373.2	188.75	561.978	187.3	3.919
18	65	40	SS	34.22	40	1368. 89	15.54	5.180	6.180	387.0	209.68	596.732	198.9	3.690
18. 5	65	40	SS	35.18 75	40	1407. 5	16.84	5.614	6.614	397.9	230.64	628.603	209.5	3.503
19	65	40	SS	36.42 857	40	1457. 14	18.08	6.025	7.025	411.9	251.61	663.614	221.2	3.318
19. 5	60	37. 5	SS	37.91 667	40	1516. 67	19.13	6.375	7.375	428.8	271.08	699.907	233.3	3.146
20	60	37. 5	SS	39	40	1560	20.12	6.707	7.707	441.0	290.55	731.638	243.8	3.010



**Gambar 8.1** Grafik Hubungan  $Q_n$  Tiang Pancang dan Kedalaman Tanah

### 8.5.2 Daya Dukung Tiang Pancang Kelompok

Pondasi tiang pancang direncanakan dengan diameter 80 cm. Jarak dari as ke as antar tiang pancang direncanakan seperti pada perhitungan di bawah ini :

- Untuk jarak antar tiang pancang :

$$2,5 D \leq S \leq 3 D$$

$$2,5 \times 60 \leq S \leq 3 \times 60$$

$$150 \text{ cm} \leq S \leq 180 \text{ cm}$$

Digunakan jarak antar tiang = 150 cm

- Untuk jarak tiang pancang :

$$1 D \leq S_1 \leq 2 D$$

$$1 \times 60 \leq S_1 \leq 2 \times 60$$

$$60 \text{ cm} \leq S_1 \leq 120 \text{ cm}$$

Digunakan jarak tiang ke tepi = 60 cm

Dimana :  $S$  = jarak antar tiang pancang

$S_1$  = jarak tiang pancang ke tepi

Dipakai : jarak antar tiang pancang ( $S$ ) = 150 cm

Jarak tepi tiang pancang ( $S_1$ ) = 60 cm

Pada pondasi tiang grup/kelompok, terlebih dahulu dikoreksi dengan suatu faktor yaitu faktor efisiensi, yang dirumus pada persamaan di bawah ini :

$$Q_L (\text{group}) = Q_L (1 \text{ tiang}) \times n \times \eta$$

$$(\eta) = 1 - \left\{ \arctg \left( \frac{D}{S} \right) \left( 2 - \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right) \right\}$$

Dimana :

$D$  = diameter tiang pancang

$S$  = jarak antar tiang pancang

$m$  = jumlah baris tiang pancang dalam 1 baris

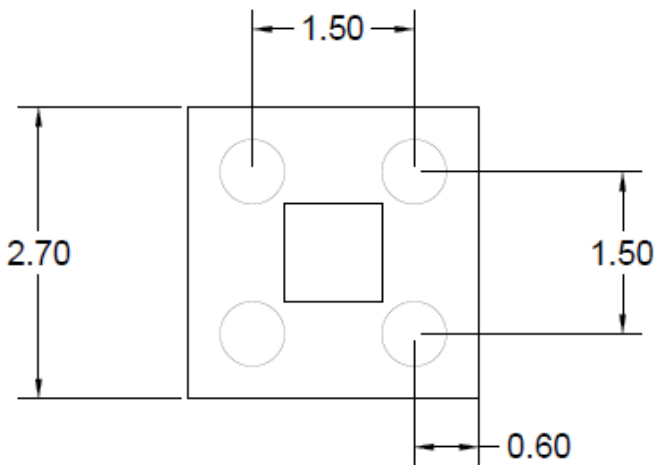
$n$  = jumlah kolom tiang pancang

Efisiensi :

$$(\eta) = 1 - \left\{ \frac{\arctan\left(\frac{600}{1500}\right)}{90^0} \left(2 - \frac{1}{2} - \frac{1}{2}\right) \right\} = 0,74535$$

Sehingga :

$$\begin{aligned} Q_{ijin\ grup} &= \eta \times Q_{ijin\ 1\ tiang} \times n \\ &= 0,74535 \times (252,7) \times 4 \\ &= 753,404\ t > P_u = 734,133\ t \end{aligned}$$



**Gambar 8.2** Konfigurasi rencana tiang pancang

### 8.5.3 Kontrol Beban Maksimum 1 Tiang ( $P_{max}$ )

Beban maksimum yang bekerja pada satu tiang dalam tiang kelompok dihitung berdasarkan gaya aksial dan momen yang bekerja pada tiang. Momen pada tiang dapat menyebabkan gaya tekan atau tarik pada tiang, namun yang diperhitungkan hanya

gaya tekan karena gaya tarik dianggap lebih kecil dari beban gravitasi struktur, sehingga berlaku persamaan :

$$P_{\max} = \frac{\sum V}{n} + \frac{M_x \times y_{\max}}{\sum y_i^2} + \frac{M_y \times x_{\max}}{\sum x_i^2} \leq P_{ijin(1\text{tiang})}$$

Perhitungan Beban Aksial Maksimum Pada Pondasi Kelompok

a. Reaksi kolom = 734133 kg

b. Berat poer =  $2,7 \times 2,7 \times 1,2 \times 2400 = 20995,2 \text{ kg} +$

Berat total ( $\Sigma V$ ) = 755128,67 kg

$$P_{\max} = \frac{755128,67}{4} + \frac{(16815,056 \times 0,75)}{(4 \times 0,75^2)} + \frac{(15949,734 \times 0,75)}{(4 \times 0,75^2)}$$

$$= 199703,7642 \text{ kg} \leq 209534,5848 \text{ kg} \quad (\text{OK})$$

#### 8.5.4 Kontrol Kekuatan Tiang

Sesuai dengan spesifikasi dari PT. WIKABETON direncanakan tiang pancang beton dengan :

- Diameter : 600 mm
- Tebal : 100 mm
- Type : A1
- Allowable axial : 252,7 ton
- Bending Momen crack : 17 tonm
- Bending Momen ultimate : 25,5 tonm

Tiang pancang yang direncanakan di kontrol terhadap beberapa kriteria berikut ini :

##### a. Kontrol terhadap gaya aksial

Tiang pancang yang direncanakan dengan diameter 80 cm type A1 sesuai dengan spesifikasi dari PT.WIKABETON, gaya aksial tidak diperkenankan melebihi 415 Ton.

$$P_{\max} < P_{ijin} = 415 \text{ ton} \quad (\text{OK})$$

### b. Kontrol terhadap gaya lateral

Panjang jepitan kritis tanah terhadap tiang pondasi menurut metode Philipponat dimana kedalaman minimal tanah terhadap tiang pondasi didapat dari harga terbesar dari gaya-gaya berikut :

Monolayer : 3 meter atau 6 kali diameter

Multilayer : 1,5 meter atau 3 kali diameter

Perhitungan :

Tanah bersifat multi layer

$L_e$  = panjang penjepitan

$$= 3 \times 0,6 \text{ m} = 1,8 \text{ m} > 1,5 \text{ m}$$

Dipakai  $L_e$  = 1,8 m

$$\begin{aligned} M_y &= L_e \times H_y \\ &= 1,8 \times 4409,62 \text{ kg} \\ &= 7,937316 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$M_y (\text{satu tiang pancang}) = \frac{7,937316}{4} = 1,984329 \text{ tm}$$

$M_y < M_{\text{bending crack}}$  (dari Spesifikasi WIKA BETON)

$$1,984329 \text{ tm} < 17 \text{ tm} \dots\dots \text{OK}$$

$$\begin{aligned} M_x &= L_e \times H_x \\ &= 1,8 \times 10,1962 \text{ t} \\ &= 18,35 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$M_y (\text{satu tiang pancang}) = \frac{18,35}{4} = 4,588281 \text{ tm}$$

$M_y < M_{\text{bending crack}}$  (dari Spesifikasi WIKA BETON)

$$4,588281 \text{ tm} < 17 \text{ tm} \dots\dots \text{OK}$$

Dari kedua perhitungan momen yang telah dilakukan maka untuk Ø60 cm kelas A1 pada Wika Piles Classification momen tidak diperkenankan melebihi  $M = 17 \text{ tm}$ .

### 8.5.5 Perencanaan Poer

Perencanaan Poer dirancang untuk meneruskan gaya dari struktur atas ke pondasi tiang pancang. Berdasarkan hal tersebut poer direncanakan harus memiliki kekuatan yang cukup terhadap geser pons dan lentur.

**Data-data perencanaan :**

- Dimensi poer ( B × L ) = 2,7 × 2,7 m
- Tebal poer ( t ) = 1,2 m
- Diameter tulangan utama = 25 mm
- Diameter sengkang = 12 mm
- Dimensi kolom = 900 × 900 mm
- Tebal selimut beton = 50 mm
- Tinggi efektif balok poer
  - Arah x ( d<sub>x</sub> ) = 1200 – 50 – ½ × 25 = 1137,5 mm
  - Arah y ( d<sub>y</sub> ) = 1200 – 50 – 25 – ½ × 25 = 1112,5 mm

**a. Penulangan poer**

Untuk penulangan lentur, poer dianalisa sebagai balok kantilever dengan perletakan jepit pada kolom. Sedangkan beban yang bekerja adalah beban terpusat di tiang kolom yang menyebabkan reaksi pada tanah dan berat sendiri poer. Perhitungan gaya dalam pada poer didapat dengan teori mekanika statis tertentu.

$$\text{Berat poer } (q_u) = 2,7 \times 1,20 \times 2400 = 7776 \text{ kg/m}^2$$

$$P_t = 2P_{\text{maks}} = 2 \times 199703,7642 \text{ kg} = 399407,5283 \text{ kg/m}^2$$

$$a = \text{jarak poer ke tepi kolom} + \text{selimut kolom} + \text{db sengkang} + \frac{1}{2} \text{ db kolom}$$

$$= 900 + 50 + 12 + \frac{1}{2} \times 25 = 0,9475 \text{ m}$$

$$b = \text{jarak tepi tiang pancang} = 0.6 \text{ m}$$

**Penulangan arah x**

Penulangan lentur :

$$P_{\text{max}} = 199,7037642 \text{ t}$$

$$q = 2,7 \times 2,4 \times 1,8 = 11,664 \text{ ton/m}$$

Momen – momen yang bekerja :

$$M = (P_t \times a) - (1/2 \times q \times (a + b)^2)$$

$$= (2 \times 199,704 \times 0,9475) - (1/2 \times 11,664 \times (0,947 + 0,6)^2)$$

$$= 374,765 \text{ tm} = 3747650000 \text{ Nmm}$$

$$\beta_1 = 0,7643$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$= \frac{0,85 \times 0,7643 \times 40}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right) = 0,03897$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,03897 = 0,02923$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4 \times f_y} = \frac{\sqrt{40}}{4 \times 400} = 0,00395$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,7647$$

$$R_n = \frac{Mu}{0,9 \times 1000 \times d x^2} = \frac{3747650000}{0,9 \times 1000 \times 1137,5^2} = 0,32182$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{11,7647} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,7647 \times 0,32182}{400}} \right) = 0,000808$$

$$\rho_{\text{min}} > \rho_{\text{perlu}}$$

maka dipakai  $\rho = 0,00395$

Tulangan lentur yang dibutuhkan :

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d = 0,00395 \times 1000 \times 1137,5 = 4496,3635 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D25 – 100 (As pakai = 4908,7385 mm<sup>2</sup>)

### Penulangan arah y

Penulangan lentur :

$$q = 2,7 \times 2,4 \times 1,8 = 11,664 \text{ ton/m}$$

Momen – momen yang bekerja :



$$M = (P_t \times a) - (1/2 \times q \times (a + b)^2) \\ = (2 \times 199,704 \times 0,9475) - (1/2 \times 11,664 \times (0,947 + 0,6)^2)$$

$$= 374,765 \text{ tm} = 3747650000 \text{ Nmm}$$

$$\beta_1 = 0,7643$$

$$\rho_b = \frac{0,85 \times \beta_1 \times f_c'}{f_y} \left( \frac{600}{600 + f_y} \right) \\ = \frac{0,85 \times 0,7643 \times 40}{400} \left( \frac{600}{600 + 400} \right) = 0,03897$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \rho_b = 0,75 \times 0,03897 = 0,02923$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4 \times f_y} = \frac{\sqrt{40}}{4 \times 400} = 0,00395$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 f_c'} = \frac{400}{0,85 \times 40} = 11,7647$$

$$R_n = \frac{M_u}{0,8 \times 1000 \times d x^2} = \frac{3747650000}{0,8 \times 1000 \times 1112,5^2} = 0,33645$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times m \times R_n}{f_y}} \right) \\ = \frac{1}{11,7647} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11,7647 \times 0,33645}{400}} \right) = 0,000845$$

$$\rho_{\text{min}} > \rho_{\text{perlu}}$$

maka dipakai  $\rho = 0,00395$

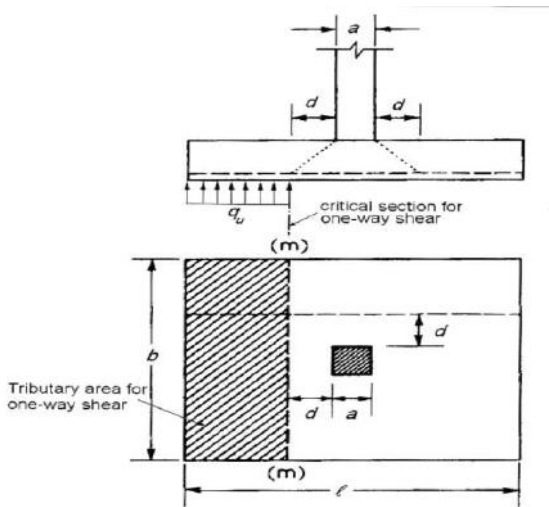
Tulangan lentur yang dibutuhkan :

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d = 0,00395 \times 1000 \times 1112,5 = 4397,542 \text{ mm}^2$$

Digunakan tulangan D25 – 100 (As pakai = 4908,7385 mm)

### b. Kontrol Geser Satu Arah

Perencanaan pile cap harus memenuhi persyaratan kekuatan gaya geser nominal beton yang harus lebih besar dari geser yang terjadi. Hal ini sesuai yang disyaratkan pada SNI 03-2847-2013 pasal 11.11.2.1 Kuat geser yang disumbangkan beton diambil :



Gambar 8.3 Daerah Kritis Geser Satu Arah

$$V_c = 0,17 \times \lambda \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

SNI 03-2847-2013 pasal 11.11.2.1.a

$$V_c = 0,17 \times 1 \times \sqrt{40} \times 8100 \times 1112,5 = 9688665,352 \text{ N} = 968,8665352 \text{ t}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 968,8665352 \text{ t} = 726,65 \text{ t}$$

$$V_u = 2 \times \text{Pijin} \times 1,5$$

$$V_u = 2 \times 209,53 \times 1,5 = 628,59 \text{ t}$$

$$\phi V_c < V_u \quad (\text{OK})$$

**c. Kontrol geser pons pada pile cap**

Perencanaan pile cap harus memenuhi persyaratan kekuatan gaya geser nominal beton yang harus lebih besar dari geser pons yang terjadi. Hal ini sesuai yang disyaratkan pada SNI 03-2847-2013 pasal 11.11.2.1 Kuat geser yang disumbangkan beton diambil yang terkecil dari :

$$V_c = 0,17 \times \left( 1 + \frac{2}{\beta_c} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

SNI 03-2847-2013 pasal 11.11.2.1.a

$$V_c = 0,083 \times \left( \frac{\alpha_s \times d}{b_o} \right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

SNI 03-2847-2013 pasal 11.11.2.1.b

$$V_c = 0,33 \lambda \times \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

SNI 03-2847-2013 pasal 11.11.2.1.c

Dimana :

$\beta_c$  = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek beton dari daerah beban terpusat atau reaksi = 1

$b_o$  = keliling dari penampang kritis pada pile cap

$b_o = 2 (b_k + d) + 2(h_k + d)$

dimana :

$b_k$  = lebar penampang kolom

$h_k$  = tinggi penampang kolom

$d$  = tebal efektif pile cap

- Kontrol geser pons pada tiang pancang tengah (akibat kolom)

$$\begin{aligned} b_o &= 2 (900 + 1137,5) + 2 (900 + 1112,5) \\ &= 8100 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Batas geser pons

$$P \leq \phi V_c$$

- Batas geser pons

$\beta_c$  = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek pada kolom

$$= \frac{900}{900} = 1$$

$\alpha_s = 40$ , untuk kolom interior

$$V_c = 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{1}\right) \times 1 \times \sqrt{40} \times 8100 \times 1137,5 = 19812776,34 \text{ N} = 1981,2776 \text{ t}$$

$$V_c = 0,083 \times \left(\frac{40 \times 1137,5}{8100}\right) \times 1 \times \sqrt{40} \times 8100 \times 1137,5 = 27168827,1 \text{ N} = 2716,8827 \text{ t}$$

$$V_c = 0,33 \times 1 \times \sqrt{40} \times 8100 \times 1137,5 = 19230047,62 \text{ N} = 1923,0048 \text{ t}$$

Diambil yang terkecil  $V_c = 1923,0048 \text{ t}$

$$\phi V_c = 0,75 \times 1923,0048 \text{ t} = 1442,2535 \text{ t}$$

$$= 1442,2535 \text{ ton} > P_{u \text{ kolom}} = 734,13347 \text{ ton}$$

Sehingga ketebalan dan ukuran pile cap memenuhi syarat terhadap geser ponds.

#### d. Kontrol geser ponds tiang pancang tepi

Dalam merencanakan tebal poer, harus memenuhi persyaratan bahwa kekuatan gaya geser nominal harus lebih besar dari geser ponds yang terjadi. Kuat geser yang disumbangkan beton diambil terkecil dari :

$$V_c = 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{\beta_c}\right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

SNI 03–2847–201X pasal 11.11.2.1.a

$$V_c = 0,083 \times \left(\frac{\alpha_s \times d}{b_o}\right) \lambda \sqrt{f'_c} \times b \times d$$

SNI 03–2847–201X pasal 11.11.2.1.b

$$V_c = 0,33 \lambda \times \sqrt{f'_c} \times b_o \times d$$

SNI 03–2847–201X pasal 11.11.2.1.c

Dengan :

Dimensi poer :  $3,5 \times 3,5 \times 1,20 \text{ m}^3$

Selimut beton : 50 mm

Ø tul utama : D25

Tinggi efektif :  $d = 1200 - 50 - \frac{1}{2} \times 25 = 1137,5 \text{ mm}$

dimana :

$\beta_c$  = rasio dari sisi panjang terhadap sisi pendek pada pondasi tiang pancang

$$= \frac{900}{900} = 1,00$$

$b_o$  = keliling dari penampang kritis pada poer

$$= [2\pi \times (d + D_{\text{tiang}})]$$

$$= [2\pi \times (1137,5 + 800)]$$

$$= 12173,7 \text{ mm}$$

$\alpha_s$  = 30, untuk kolom eksterior

$$V_c = 0,17 \times \left(1 + \frac{2}{1}\right) \times 1 \times \sqrt{40} \times 12173,7 \times 1137,5 = 44665598,39 \text{ N} = 4466,5598 \text{ t}$$

$$V_c = 0,083 \times \left(\frac{30 \times 1147,5}{12173,7}\right) \times 1 \times \sqrt{40} \times 12173,7 \times 1137,5 = 20376620,33 \text{ N} = 2037,6620 \text{ t}$$

$$V_c = 0,33 \times 1 \times \sqrt{40} \times 12173,7 \times 1137,5 = 28901269,54 \text{ N} = 2890,1269 \text{ t}$$

$$\text{Diambil yang terkecil } V_c = 2037,6620 \text{ t}$$

$$\phi V_c = 0,75 \times 2037,6620 \text{ t} = 1528,2465 \text{ t}$$

$$= 1528,2465 \text{ ton} > P_{u \text{ tiang tepi}} = 734,13347 \text{ ton} \quad \text{OK}$$

Sehingga ketebalan dan ukuran poer mampu menahan gaya geser akibat beban reaksi aksial tiang tepi.

### 8.5.6 Kontrol Balok Tinggi

Sesuai dengan SNI 03-2847-2013 pasal 10.7 Balok tinggi adalah komponen struktur yang dibebani pada salah satu mukanya dan ditumpu pada muka yang berlawanan sehingga strat tekan dapat membentuk di antara beban dan tumpuan, dan mempunyai salah satu antara:

- (a) bentang bersih  $l_n$ , sama dengan atau kurang dari empat kali tinggi komponen struktur keseluruhan  $h$ ; atau
- (b) daerah dengan beban terpusat dalam jarak  $2h$  dari muka tumpuan.

Balok tinggi harus didesain dengan memperhitungkan salah satu antara distribusi regangan nonlinier, atau dengan Lampiran A. (Lihat juga 11.7.1 dan 12.10.6).

$l_n \text{ poer} = 3600 \text{ mm} < 4h = 4 \times 1200 = 4800 \text{ mm}$ ,  
sehingga poer termasuk balok tinggi.

Balok tinggi harus dikontrol sesuai ketentuan yang ada dalam SNI :

$V_u = 160382 \text{ N}$  (hasil *SAP2000*)

$$V_u \leq \phi \times 0,83 \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d \quad (\text{SNI 03-2847-2013 pasal 11.7})$$

$$A_v > 0,0025 \times b_w \times S \quad (\text{SNI 03-2847-2013 pasal 11.7.4.1})$$

Dimana  $S < d/5$  atau  $S < 300 \text{ mm}$

$$d/5 = 1200/5 = 240 \text{ mm}$$

sehingga di gunakan  $S = 240 \text{ mm}$

### Arah X

$$V_u \leq \phi \times 0,83 \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

$$160382 \text{ N} \leq 0,75 \times 0,83 \times \sqrt{40} \times 3600 \times 1137,5$$

$$160382 \text{ N} \leq 16122160 \text{ N} \dots \text{OK}$$

$$A_v > 0,0025 \times b_w \times S$$

$$16175,25 \text{ mm}^2 > 0,0025 \times 3600 \times 240$$

$$16175,25 \text{ mm}^2 > 2160 \text{ mm}^2 \dots \text{OK}$$

### Arah Y

$$V_u \leq \phi \times 0,83 \times \sqrt{f'_c} \times b_w \times d$$

$$160382 \text{ N} \leq 0,75 \times 0,83 \times \sqrt{40} \times 3600 \times 1112,5$$

$$160382 \text{ N} \leq 15767830 \text{ N} \dots \text{OK}$$

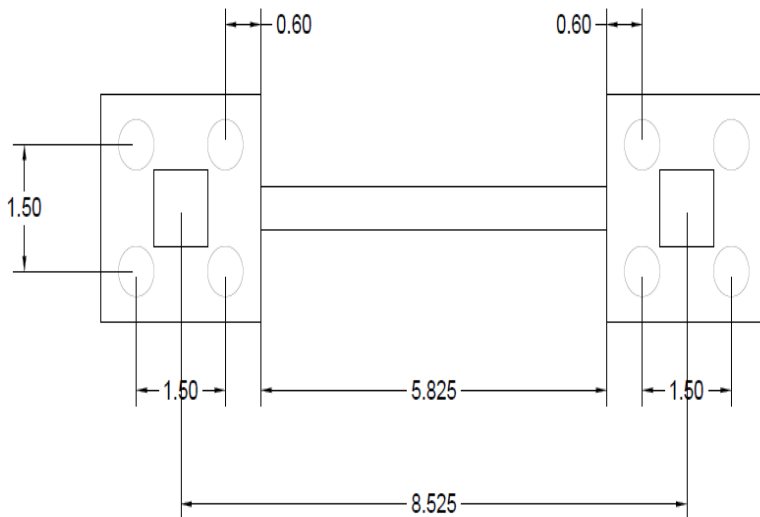
$$A_v > 0,0025 \times b_w \times S$$

$$15819,75 \text{ mm}^2 > 0,0025 \times 3600 \times 240$$

$$15819,75 \text{ mm}^2 > 2160 \text{ mm}^2 \dots \text{OK}$$

## 8.6 Perencanaan Balok Sloof

Struktur sloof dalam hal ini digunakan dengan tujuan agar terjadi penurunan secara bersamaan pada pondasi atau dalam kata lain sloof mempunyai fungsi sebagai pengaku yang menghubungkan antar pondasi yang satu dengan yang lainnya.



**Gambar 8.4** Detail Sloof

### 8.6.1 Data Perencanaan

Data-data perancangan perhitungan sloof adalah sebagai berikut :

P kolom	= 734,13347 ton
Panjang Sloof L	= 5,825 m
Mutu Beton $f_c'$	= 40 MPa
Mutu Baja $f_y$	= 400 MPa

Decking	= 50	mm
Diameter Tulangan Utama	= 25	mm
Diameter Sengkang	= 12	mm
Dimensi Sloof	= 500 x 700	mm
Tinggi Efektif	= 700–50–12–(1/2 . 25)	
	= 625,5	mm

### 8.6.2 Dimensi Sloof

Pada perancangan *sloof* ini, penulis mengambil ukuran *sloof* berdasarkan *sloof* yang berhubungan dengan kolom yang mempunyai gaya aksial terbesar yaitu  $P_u = 1080.2$  ton. Penentuan dimensi dari sloof dilakukan dengan memperhitungkan syarat bahwa tegangan tarik yang terjadi tidak boleh melampaui tegangan ijin beton (modulus keruntuhan) yaitu sebesar :

$$f_r = 0,7 \times \sqrt{f'_c}$$

Maka perhitungannya :

Tegangan tarik ijin :

$$f_{r\text{ ijin}} = 0,7 \times \sqrt{40} = 4,427 \text{ Mpa}$$

Tegangan tarik yang terjadi

$$f_r = \frac{P_u}{0,8 \times b \times h} = \frac{7341334,7}{0,8 \times 500 \times 700} = 2,622 \text{ Mpa} < f_{r\text{ ijin}} \text{..OK}$$

### 8.6.3 Penulangan Sloof

#### 8.6.3.1 Penulangan Lentur Sloof

Penulangan sloof didasarkan atas kondisi pembebanan dimana beban yang diterima adalah beban aksial dan lentur sehingga penulangannya diidealisasikan seperti penulangannya pada kolom. Adapun beban sloof adalah:

$$\begin{aligned} \text{Berat aksial } N_u &= 10\% \times 1080,2 \text{ ton} \\ &= 108,01998 \text{ ton} \end{aligned}$$

Berat yang diterima sloof :

$$\begin{aligned} \text{Berat sendiri} &= 0,5 \times 0,7 \times 2,4 = 0,84 \text{ t/m} \\ \text{Berat dinding} &= 5,825 \times 2,4 = \underline{13,98 \text{ t/m}} + \\ &= 14,82 \text{ t/m} \\ Q_u &= 1,2 \times 14,82 = 17,784 \text{ t/m} \end{aligned}$$



$$= 177840 \text{ N/m}$$

Momen yang terjadi (tumpuan menerus)

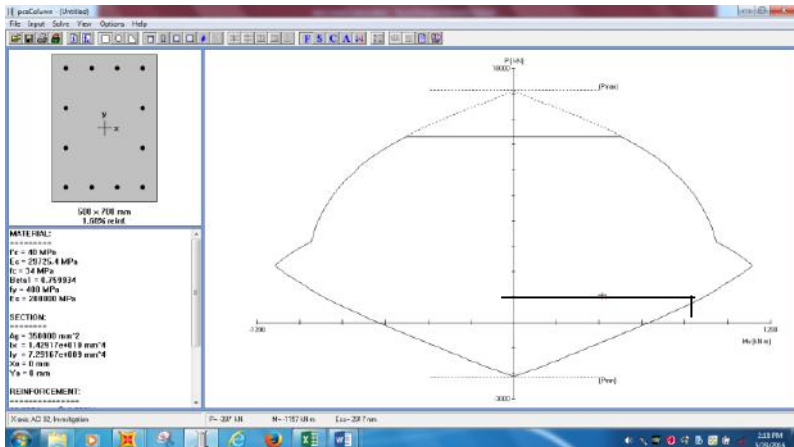
$$\begin{aligned} Mu &= 1/12 \cdot q_u \cdot L^2 \\ &= 1/12 \cdot 177840 \cdot 5,45^2 \\ &= 502852 \text{ Nm} \end{aligned}$$

Lalu menggunakan program PCACol dengan memasukkan beban:

$$P = 7341,3347 \text{ kN}$$

$$M = 502,852 \text{ kNm}$$

Sehingga didapatkan diagram interaksi seperti pada **Gambar 8.4** di bawah ini :



**Gambar 8.5** Diagram Interaksi Balok Sloof 50/70

Dari diagram interaksi untuk :

$$f'_c = 40$$

$$f_y = 400 \text{ didapat } \rho = 1,68\%$$

$$\text{Dipasang Tulangan 12 D 25 (As = 5890,486 mm}^2\text{)}$$

### 8.6.3.2 Penulangan Geser Sloof

Dari diagram interaksi didapat momen balance  $M_{pr}$  sebesar = 857 kNm

$$\begin{aligned}
 V_u &= \frac{M_{pr} + M_{pr}}{hn} \\
 &= \frac{857 + 857}{5,45} = 314,495 \text{ kN} = 314495 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_c &= \frac{1}{6} x \sqrt{f_c} x b_w x d x \left[ 1 + \frac{N_u}{14 \cdot A_g} \right] \\
 &= \frac{1}{6} x \sqrt{40} x 500 x 625,5 \left[ 1 + \frac{7341334,7}{14 x 500 x 700} \right] \\
 &= 823585,6219 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\phi V_c = 0,75 x 823585,6219 \text{ N} = 617689,2164 \text{ N}$$

$$\begin{aligned}
 V_{s \text{ min}} &= 1/3 x b_w x d \\
 &= 1/3 x 500 x 625,5 \\
 &= 104250 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \phi(V_c + V_{s \text{ min}}) &= 0,75 x (617689,2164 + 104250) \\
 &= 541454,4123 \text{ N}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &\phi V_c + \phi (1/3) \sqrt{f_c} x b_w x d \\
 &= 617689,2164 + 0,75 x \frac{1}{3} x \sqrt{40} x 500 x 625,5 \\
 &= 1112190,386 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Karena :

$$(\phi V_c + \phi V_{s \text{ min}}) > V_u$$

$$541454,4123 \text{ N} > 314495 \text{ N}$$

Maka tidak perlu tulangan geser

**“ Halaman ini sengaja dikosongkan “**

$$E = 4700 \sqrt{40} = 29725.41 \text{ MPa} \times 1000 = 29725410 \text{ kN/m}^2$$

DRILLING LOG										HOLE NO : BH-2									
PROJECT : Tempo Tower				DEPTH : 60.00 m				GWL : - 4.80m											
LOCATION : Jl. HR Rasuna Said, Jakarta				COORDINATE :				Doll Master : Majid											
DEPTH (m)	DATE	SOIL / ROCK		SAMPLE DEPTH (m)	SPT			STRENGTH TEST			ATTERBERG LIMITS				$\gamma$ g/cm <sup>3</sup>	Gs	e <sub>s</sub>		
		SYMBOL	DESCRIPTION		N	0	20	40	60	TYPE	C kg/cm <sup>2</sup>	$\phi^0$	q <sub>u</sub>	0				20	40
1		MH	Silty clay, reddish brown, soft to medium consistency	1.50	1	2													
2				1.55	15	15													
3				3.00	1	2					CU (T) 0.25	31							
4				3.45	15	15					CU (U) 0.15	42							
5				4.50	3	3													
6				4.95	15	15													
7		CH	Silty clay, yellowish brown, soft to medium consistency	6.00	2	3													
8				6.45	15	15													
9				7.50	1	2					UC (U) 0.28	196							
10				7.95	15	15					UC (U) 0.17	34							
11				9.00	5	5					CU (T) 0.17	36							
12				9.45	15	15					CU (U) 0.08	34							
13	18-20 March 2008		Silty clay, light brown, stiff to very stiff consistency	10.90	3	5													
14				10.95	15	15													
15				12.00	1	12													
16				12.45	15	15													
17				13.30	3	17													
18				13.95	15	15													
19			Clayey silt, brown, very stiff consistency	15.00	15	23													
20				15.45	15	15													
21				16.50	13	25													
22				16.95	15	15													
23				18.00	35	28													
24				18.40	15	10													
25			Silty sand, light brown, fine grained, slightly cemented, dense	19.50	28	32													
26				19.92	15	12													
27																			
28																			
29																			
30																			
31			Silty sand, brown to dark brown, fine to medium grained, slightly to medium cemented, very dense	20.00	35	28													
32				20.40	15	10													
33																			
34																			
35																			
36																			
37			Silty sand, brown to dark brown, fine to medium grained, slightly to medium cemented, very dense	21.00	35	28													
38				21.40	15	10													
39																			
40																			
41																			
42																			
43			Silty sand, brown to dark brown, fine to medium grained, slightly to medium cemented, very dense	22.00	35	28													
44				22.40	15	10													
45																			
46																			
47																			
48																			
49			Silty sand, brown to dark brown, fine to medium grained, slightly to medium cemented, very dense	23.00	35	28													
50				23.40	15	10													
51																			
52																			
53																			
54																			
55			Silty sand, brown to dark brown, fine to medium grained, slightly to medium cemented, very dense	24.00	35	28													
56				24.40	15	10													
57																			
58																			
59																			
60																			

REMARKS : 0 to 10 % : FRAC  
10 to 30 % : LITTLE  
30 to 38 % : SAND  
35 to 66 % : AND

UOS

• WATER CONTENT %  
• PLASTIC LIMIT %  
• LIQUID LIMIT %

P.T. Testana Indoteknika

Soil Investigation and Foundation Engineering

REMARKS : 0 TO 10 % : TRACE  
10 TO 20 % : LITTLE  
20 TO 35 % : SOME  
35 TO 60 % : AND

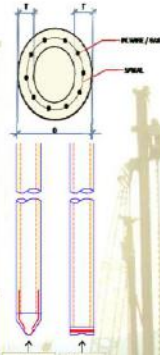
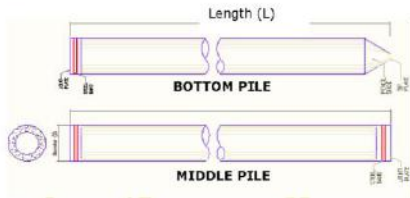
UCS

\* WATER CONTENT : %  
O PLASTIC LIMIT : %  
LIQUID LIMIT : %



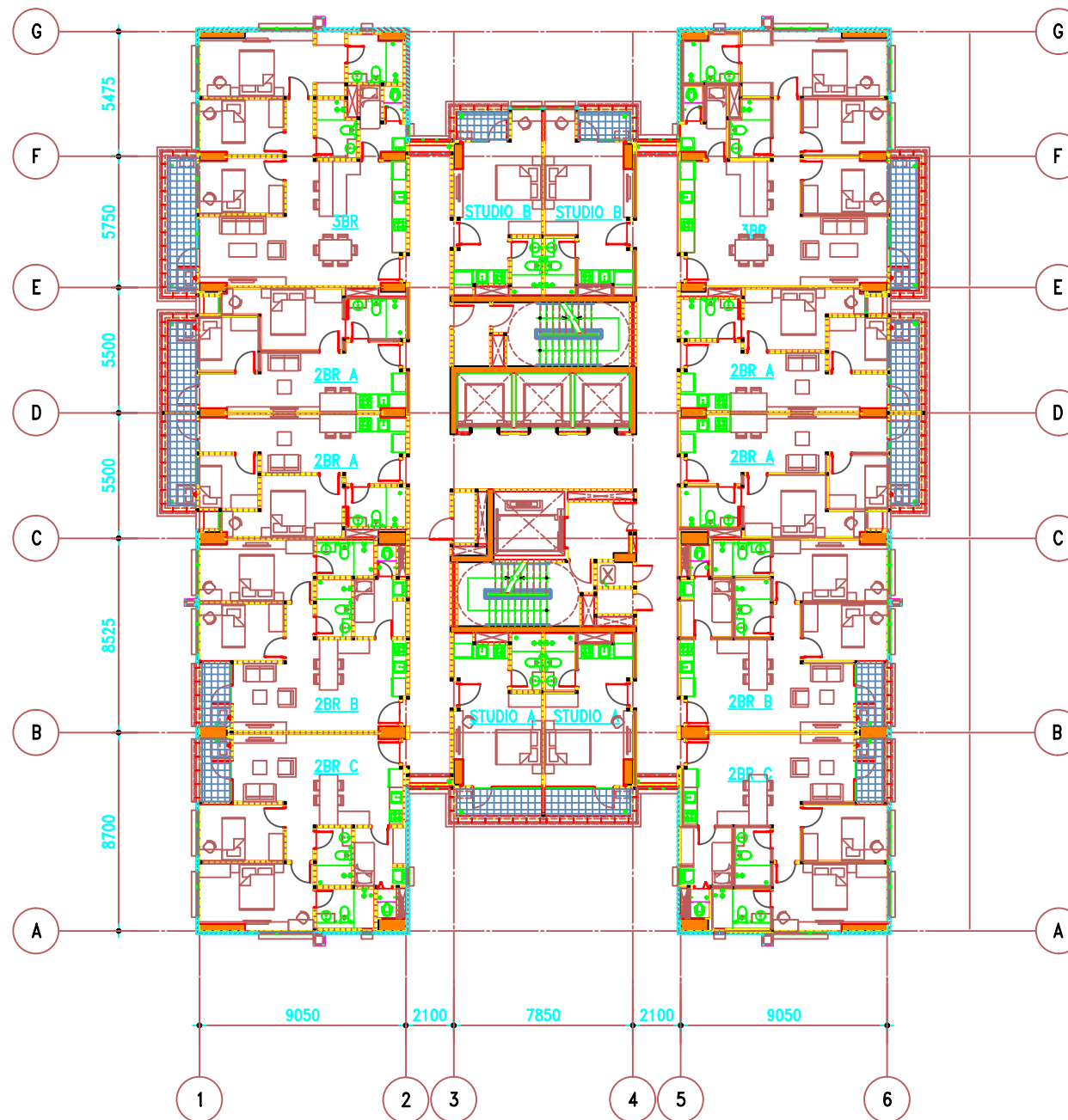
P.T. Testana Indoteknika  
Soil investigation and foundation engineering

## Shape and Dimension



## Classification

Outside Diameter D (mm)	Wall Thickness T (mm)	Class	Concrete Cross Section (cm <sup>2</sup> )	Unit Weight (kg/m)	Length L (m)	Bending Moment		Allowable Axial Load (Ton)
						Crack (Ton.m)	Ultimate (Ton.m)	
300	60	A2	452	113	6-13	2.50	3.75	72.60
		A3				3.00	4.50	70.75
		B				3.50	6.80	67.50
		C				4.00	8.00	65.40
350	65	A1	582	145	6-15	4.50	5.25	98.10
		A3				4.20	6.30	89.50
		B				5.00	9.00	86.40
		C				6.00	12.00	85.00
400	75	A2	766	191	6-16	5.50	8.25	121.10
		A3				6.50	9.75	117.60
		B				7.50	13.50	114.40
		C				9.00	18.00	111.50
450	80	A1	930	232	6-16	7.50	11.25	149.50
		A2				8.50	12.75	145.80
		A3				10.00	15.00	143.80
		B				11.00	19.80	139.10
		C				12.50	25.00	134.90
500	90	A1	1159	290	6-18	10.50	15.75	185.80
		A2				12.50	18.75	181.70
		A3				14.00	21.00	178.20
		B				15.00	27.00	174.90
		C				17.00	34.00	169.00
600	100	A1	1571	393	6-16	17.00	25.50	252.70
		A2				19.00	28.50	249.00
		A3				22.00	33.00	243.20
		B				25.00	45.00	238.30
		C				29.00	58.00	229.50
800	120	A1	2564	643	6-24	40.70	63.60	415.00
		A2				46.20	84.40	406.20
		A3				51.60	97.80	398.20
		B				55.70	108.20	390.80
		C				70.60	129.80	367.00
1000	140	A1	3872	946	6-24	75.00	117.90	614.00
		A2				82.30	139.80	604.80
		A3				93.30	170.90	590.50
		B				105.70	199.70	575.00
		C				123.60	229.90	552.90
1200	150	A1	4948	1237	6-24	120.00	180.00	802.40
		A2				136.00	195.00	794.00
		A3				145.00	217.50	778.10
		B				170.00	306.00	751.50
		C				200.00	400.00	721.10



**DENAH LANTAI TIPIKAL 1-16**  
 SKALA 1 : 300



**INSTITUT TEKNOLOGI  
 SEPULUH NOPEMBER**  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
 PERENCANAAN  
 JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS	
TUGAS AKHIR	
DOSEN ASISTENSI	
Prof., TAVIO., M.T., Ph.D DWI PRASETYA., S.T., M.T., M.Sc	
NAMA MAHASISWA	
ANDRE BERNANDES 3112100089	
JUDUL GAMBAR	
Denah Lantai Tipikal 1-16	
SKALA	
1:300	
LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
1	21



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof., TAVIO., M.T., Ph.D  
DWI PRASETYA., S.T., M.T.,  
M.Sc

NAMA MAHASISWA

ANDRE BERNANDES  
3112100089

JUDUL GAMBAR

Denah Kolom 900x900  
dan Drop Panel  
Lantai 1-6

SKALA

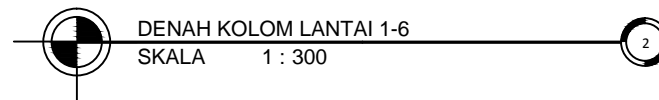
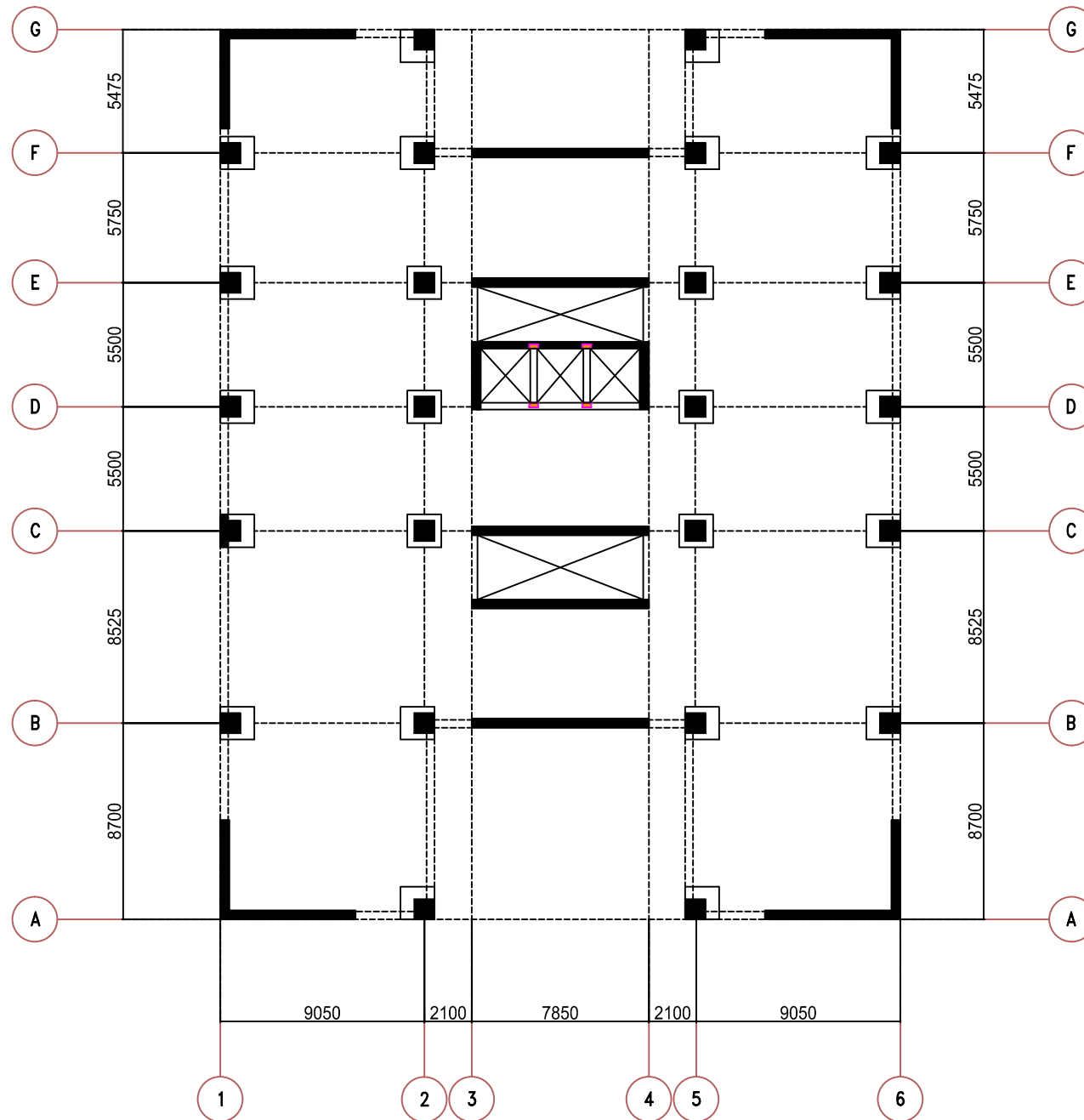
1 : 300

LEMBAR

2

JUMLAH  
LEMBAR

21





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof., TAVIO., M.T., Ph.D  
DWI PRASETYA., S.T., M.T.,  
M.Sc

NAMA MAHASISWA

ANDRE BERNANDES  
3112100089

JUDUL GAMBAR

Denah Kolom 700x700  
dan Drop Panel  
Lantai 7-10

SKALA

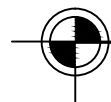
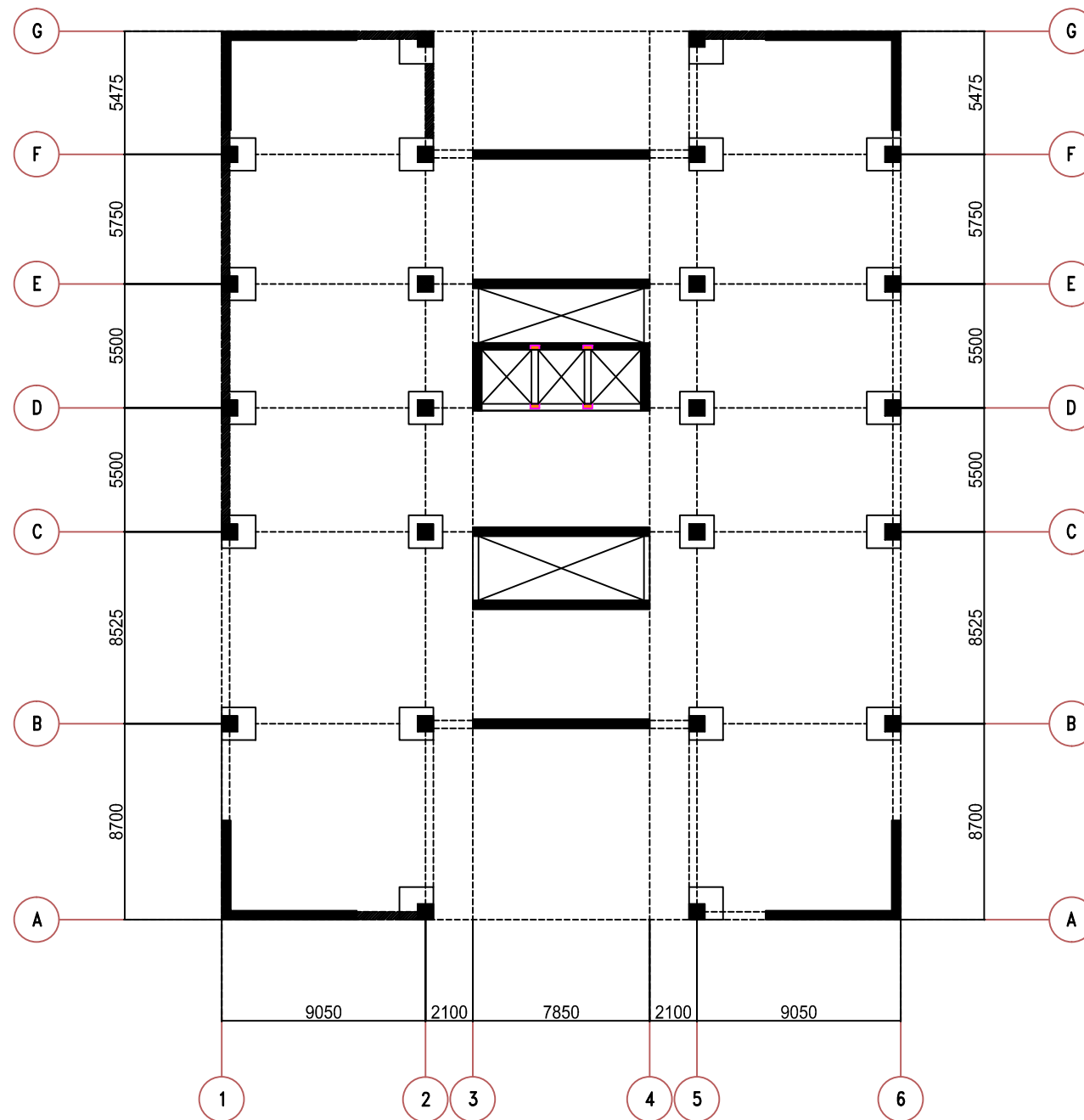
1 : 300

LEMBAR

3

JUMLAH  
LEMBAR

21



DENAH KOLOM LANTAI 7-10  
SKALA 1 : 300









INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof., TAVIO., M.T., Ph.D  
DWI PRASETYA., S.T., M.T.,  
M.Sc

NAMA MAHASISWA

ANDRE BERNANDES  
3112100089

JUDUL GAMBAR

DENAH PEMBALOKAN

SKALA

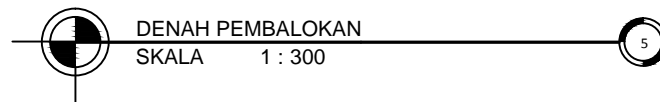
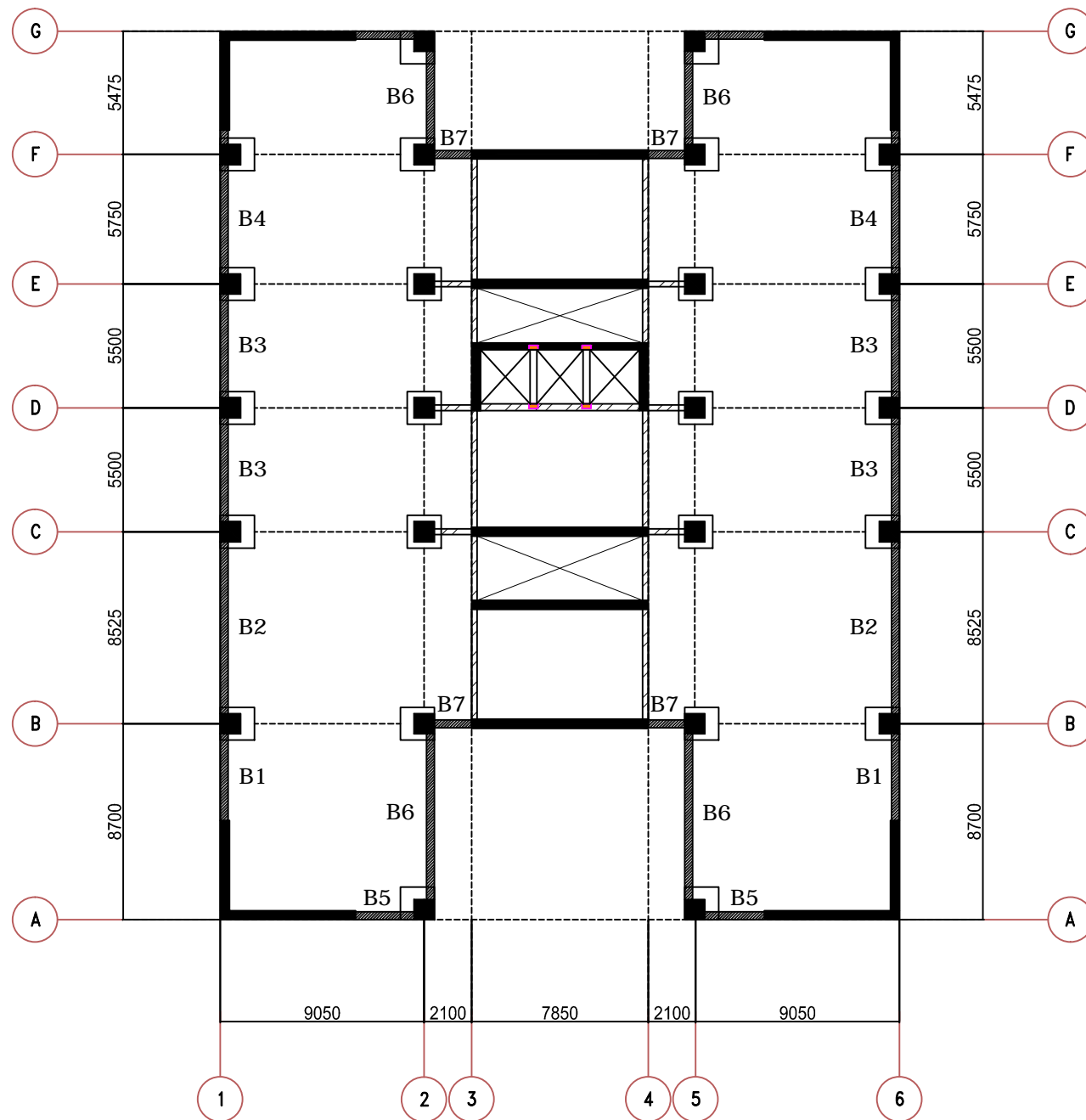
1 : 300

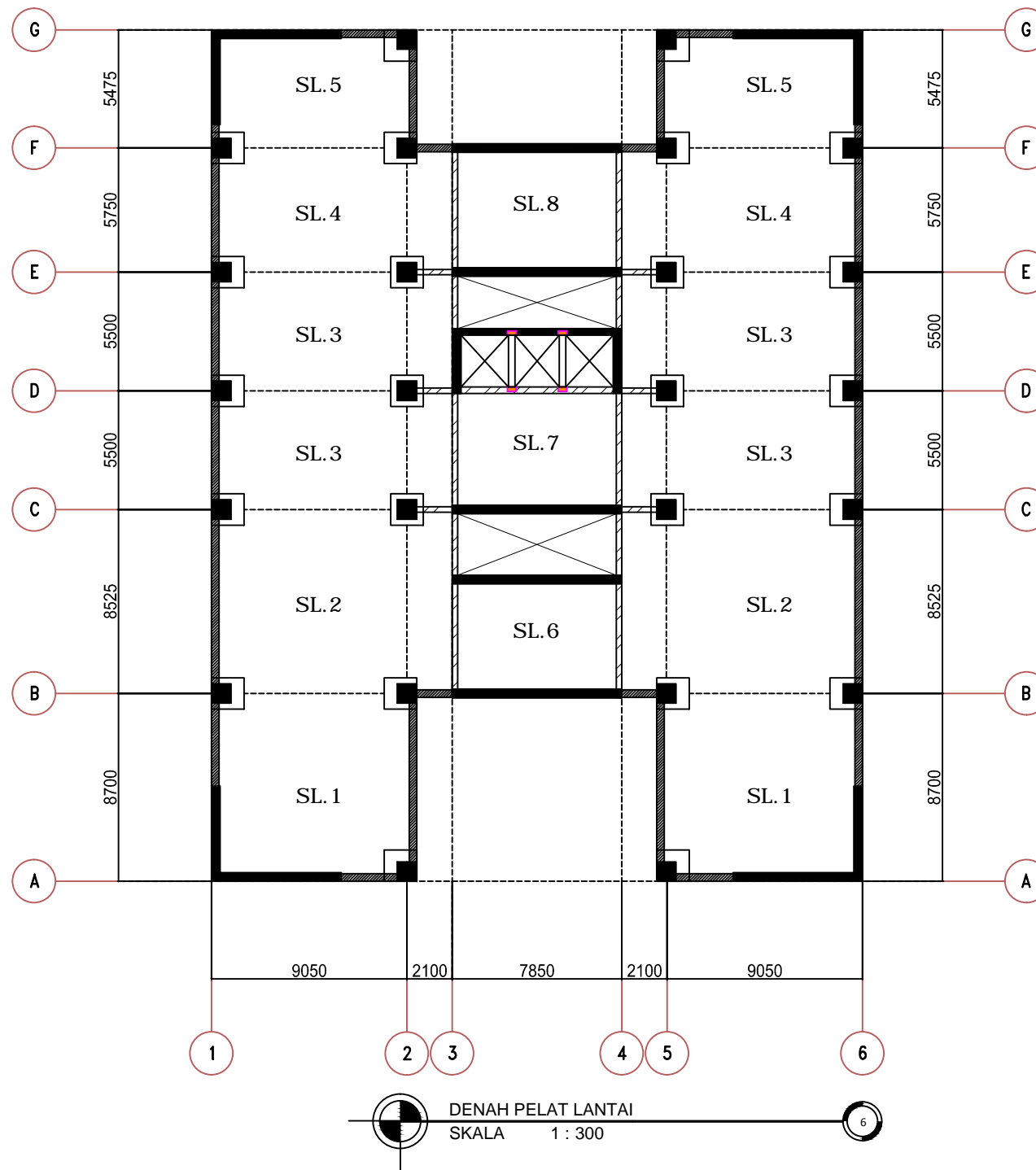
LEMBAR

5

JUMLAH  
LEMBAR

21





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof., TAVIO., M.T., Ph.D  
DWI PRASETYA., S.T., M.T.,  
M.Sc

NAMA MAHASISWA

ANDRE BERNANDES  
3112100089

JUDUL GAMBAR

DENAH PELAT LANTAI

SKALA

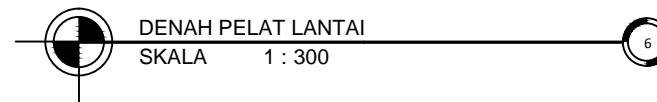
1 : 300

LEMBAR

6

JUMLAH  
LEMBAR

21





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof., TAVIO., M.T., Ph.D  
DWI PRASETYA., S.T., M.T.,  
M.Sc

NAMA MAHASISWA

ANDRE BERNANDES  
3112100089

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN SL. 1

SKALA

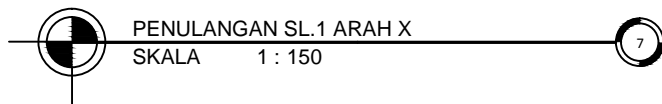
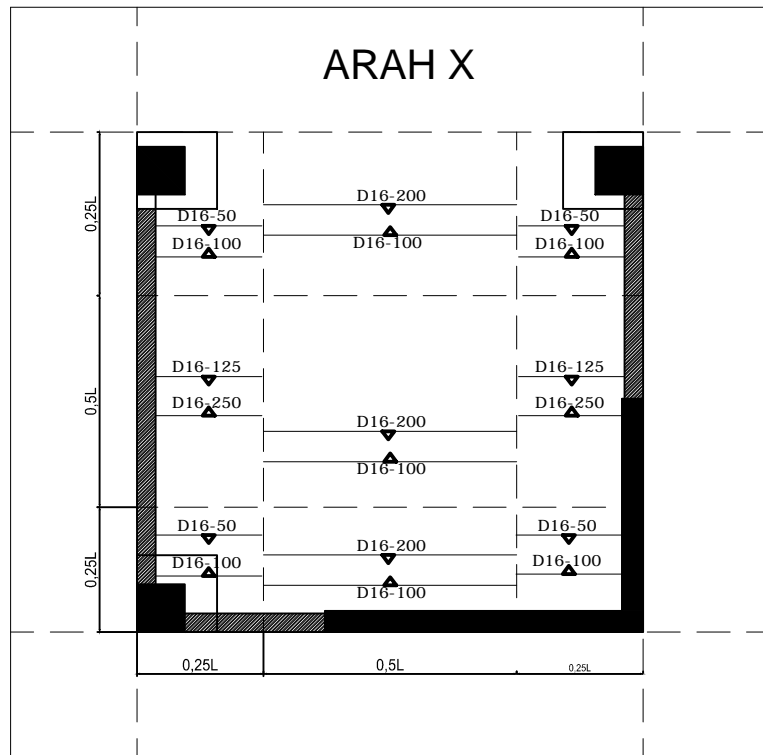
1 : 150

LEMBAR

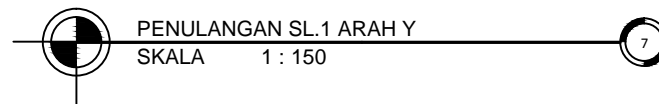
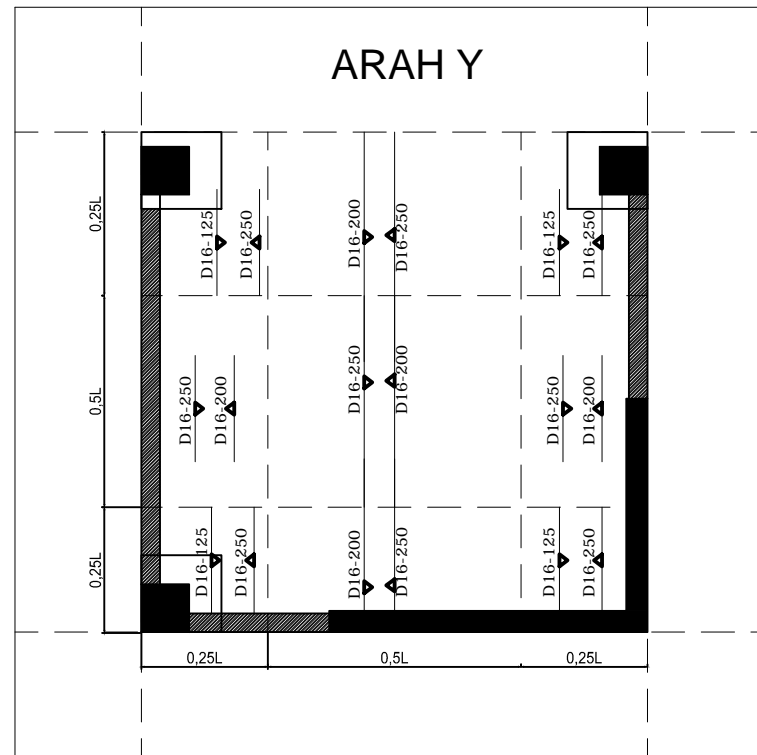
7

JUMLAH  
LEMBAR

21



PENULANGAN SL.1 ARAH X  
SKALA 1 : 150



PENULANGAN SL.1 ARAH Y  
SKALA 1 : 150



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof., TAVIO., M.T., Ph.D  
DWI PRASETYA., S.T., M.T.,  
M.Sc

NAMA MAHASISWA

ANDRE BERNANDES  
3112100089

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN SL.2

SKALA

1 : 150

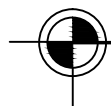
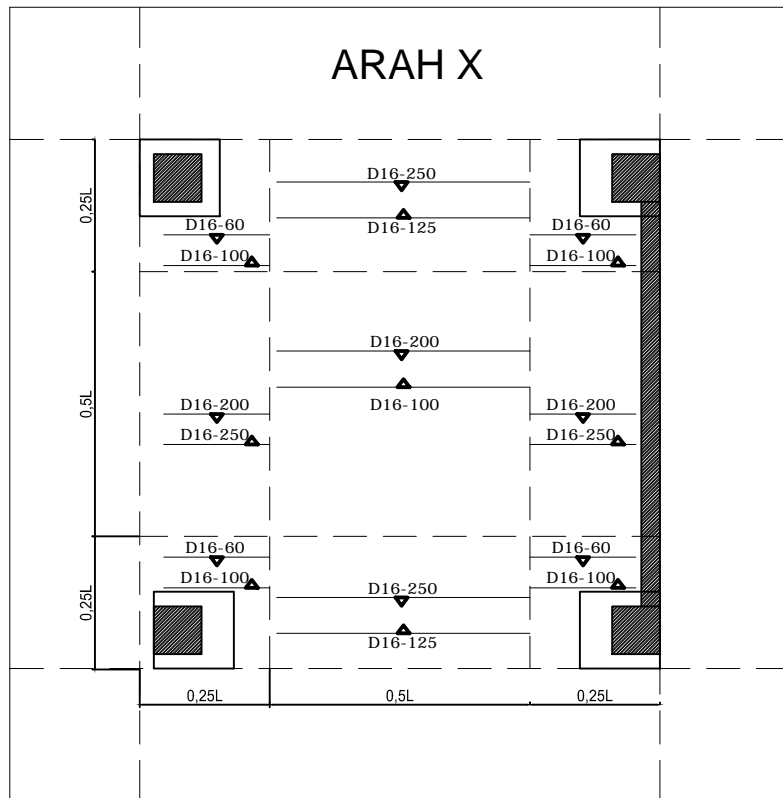
LEMBAR

8

JUMLAH  
LEMBAR

21

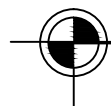
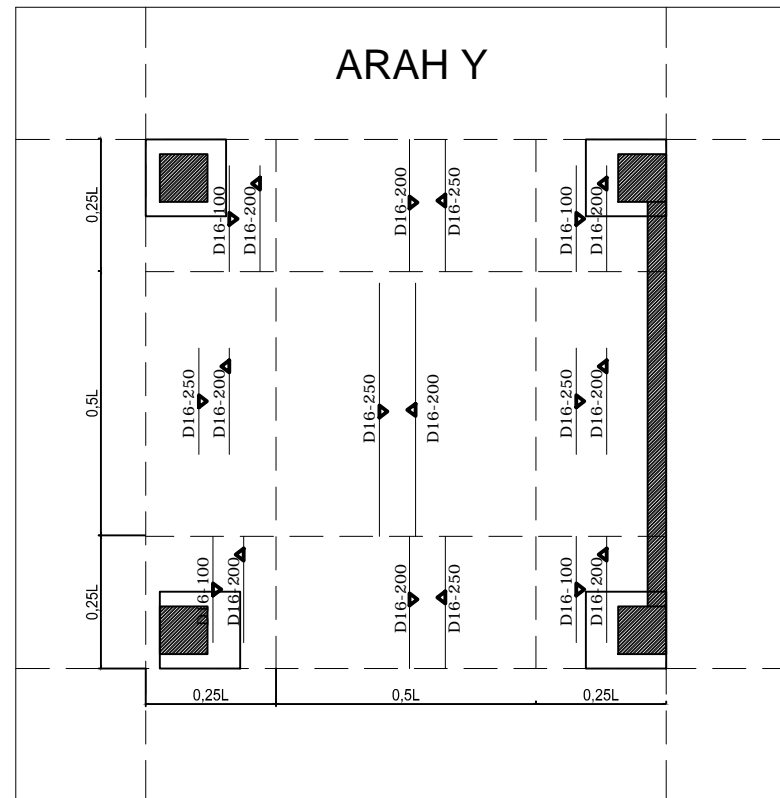
ARAH X



PENULANGAN SL.2 ARAH X  
SKALA 1 : 150



ARAH Y



PENULANGAN SL.2 ARAH Y  
SKALA 1 : 150





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof., TAVIO., M.T., Ph.D  
DWI PRASETYA., S.T., M.T.,  
M.Sc

NAMA MAHASISWA

ANDRE BERNANDES  
3112100089

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN SL.3

SKALA

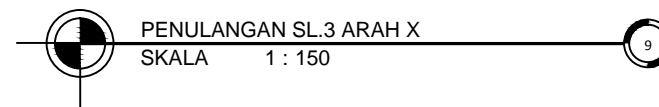
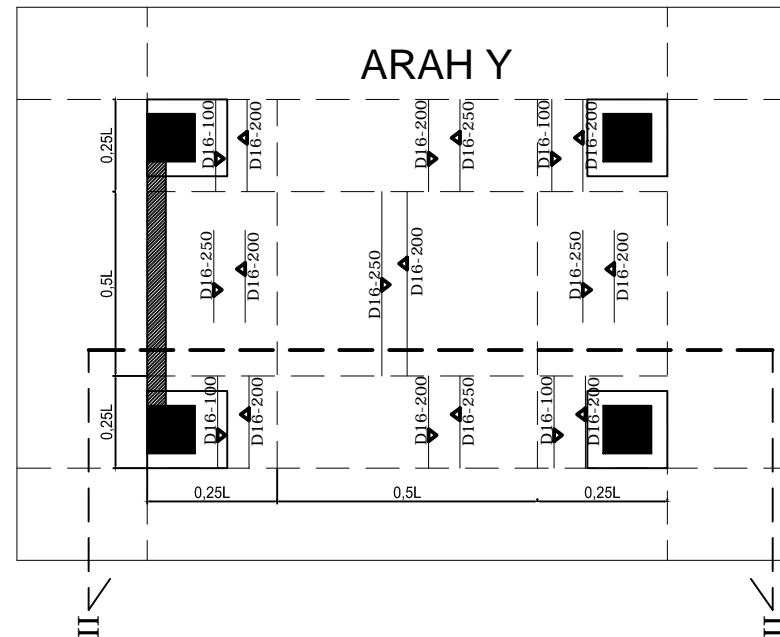
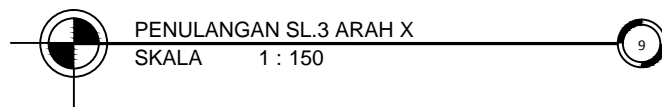
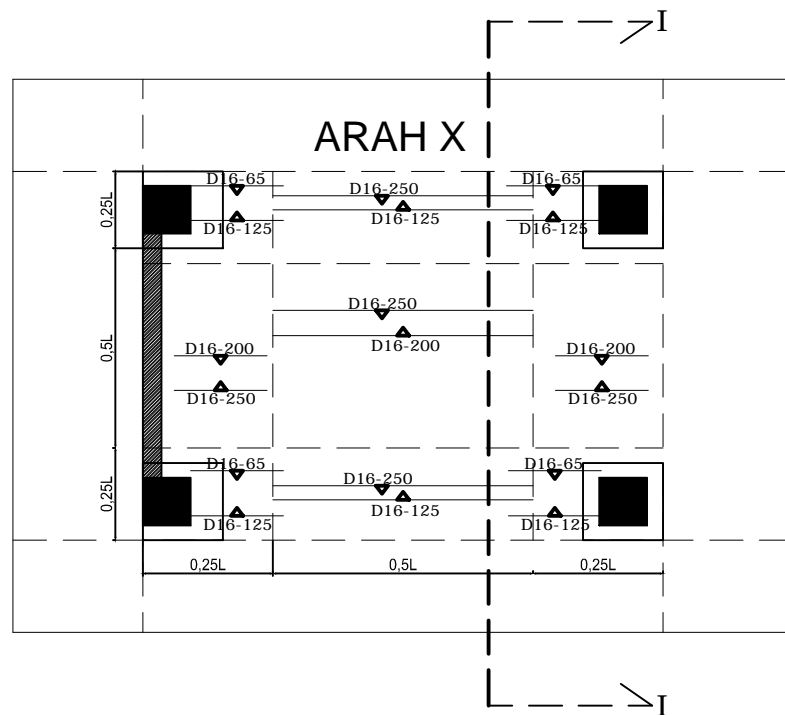
1 : 150

LEMBAR

9

JUMLAH  
LEMBAR

21





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof., TAVIO., M.T., Ph.D  
DWI PRASETYA., S.T., M.T.,  
M.Sc

NAMA MAHASISWA

ANDRE BERNANDES  
3112100089

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN DROP  
PANEL

SKALA

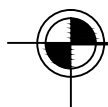
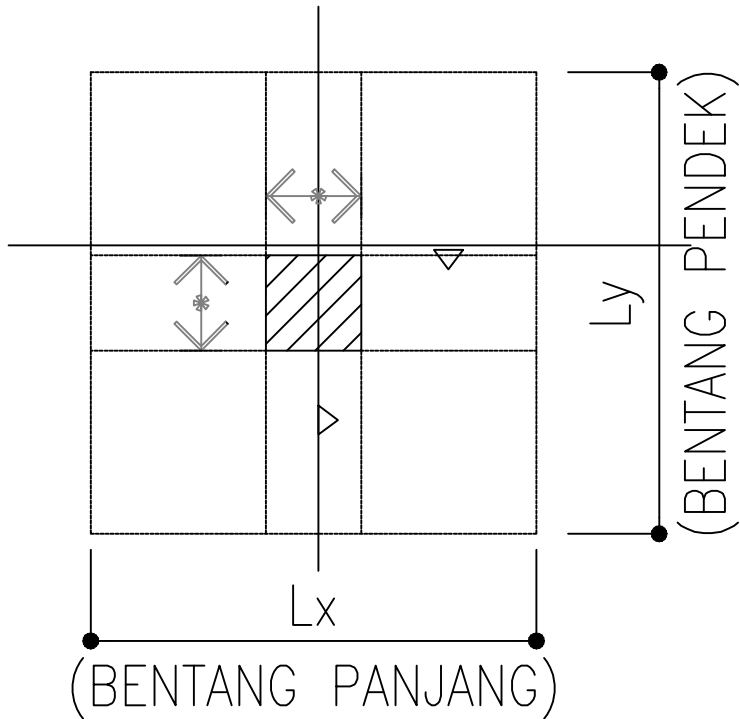
1:150

LEMBAR

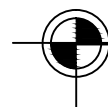
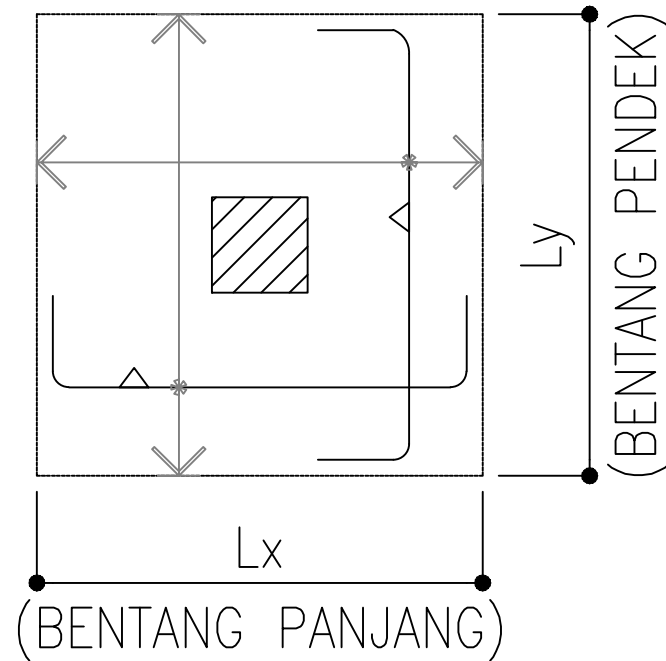
JUMLAH  
LEMBAR

10

21



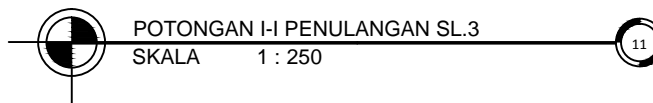
PENULANGAN ATAS DROP PANEL  
SKALA 1 : 150



PENULANGAN BAWAH DROP PANEL  
SKALA 1 : 150

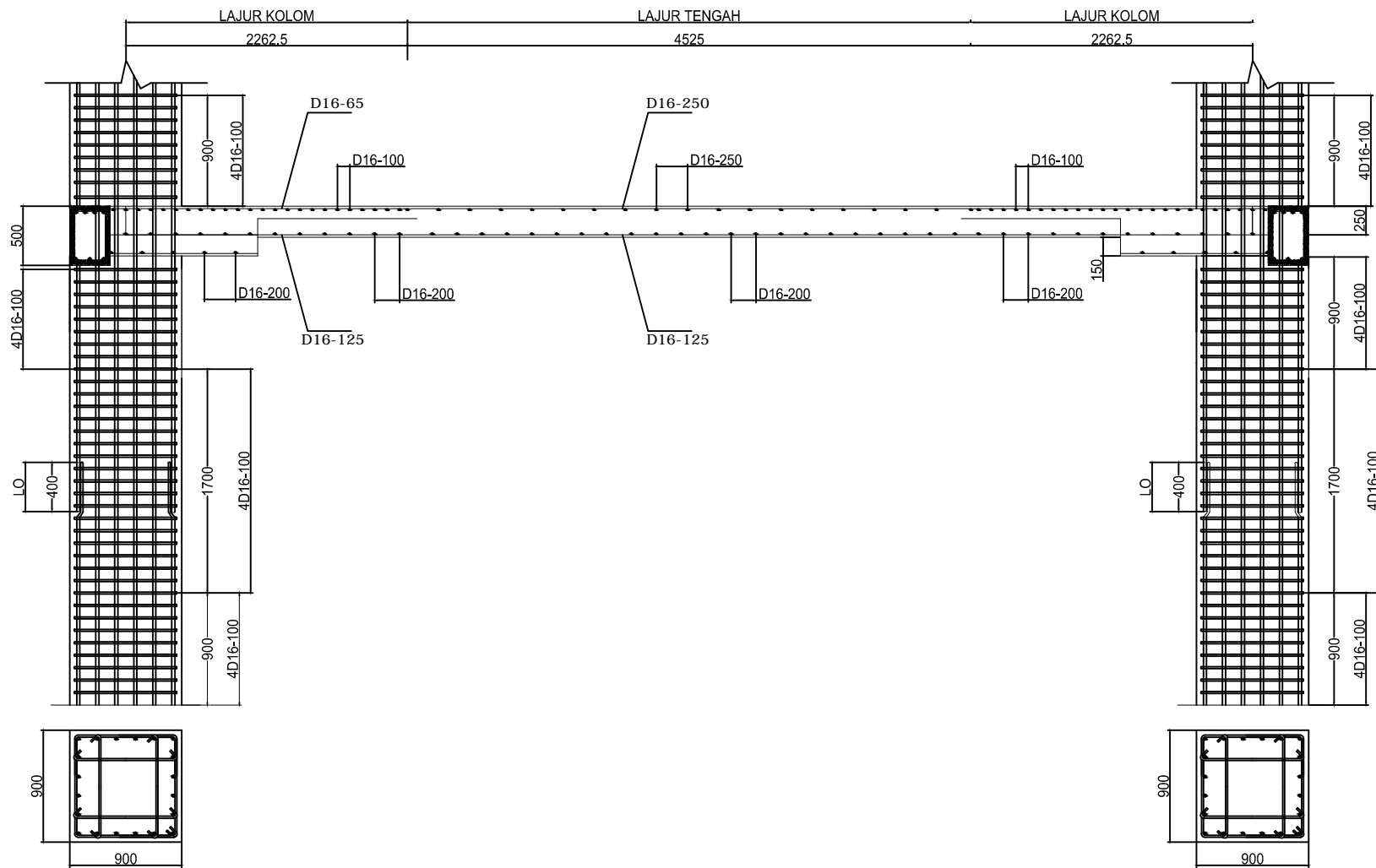


TYPE SLAB	TEBAL DP	TOP (X)	TOP (Y)	BOTTOM (X)	BOTTOM (Y)
SL.3	400mm	5D16	5D16	D16-125	D16-125



21





**POTONGAN II-II PENULANGAN SL.3**  
 SKALA 1 : 200



**INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER**  
 FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
 PERENCANAAN  
 JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof., TAVIO., M.T., Ph.D  
 DWI PRASETYA., S.T., M.T.,  
 M.Sc

NAMA MAHASISWA

ANDRE BERNANDES  
 3112100089

JUDUL GAMBAR

POTONGAN II-II  
 PENULANGAN SL.3

SKALA

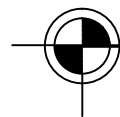
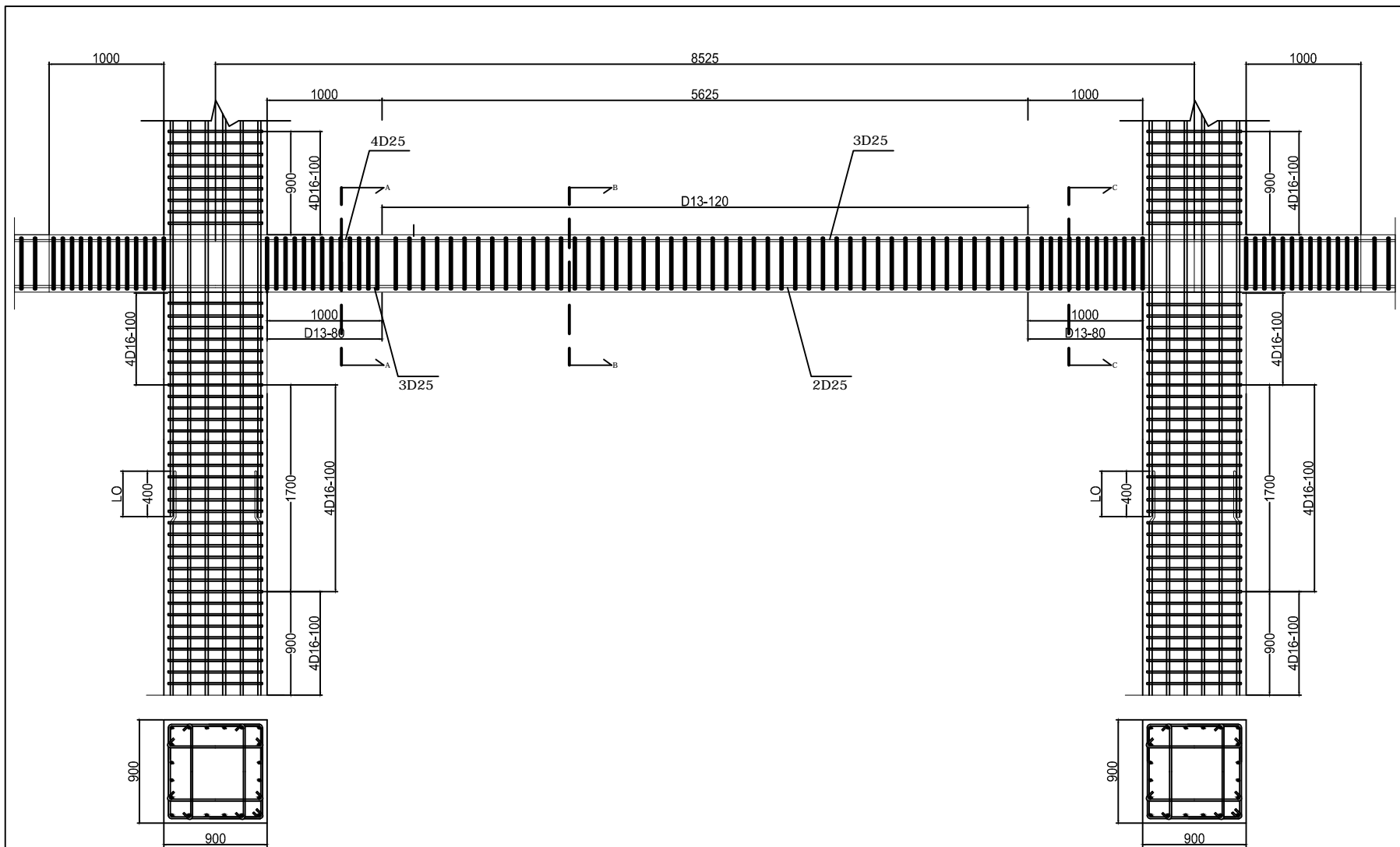
1:200

LEMBAR

12

JUMLAH  
LEMBAR

21



DETAIL PENULANGAN BALOK B2  
SKALA 1 : 200



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof., TAVIO., M.T., Ph.D  
DWI PRASETYA., S.T., M.T.,  
M.Sc

NAMA MAHASISWA

ANDRE BERNANDES  
3112100089

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN  
BALOK B2

SKALA

1 : 200

LEMBAR

13

JUMLAH  
LEMBAR

21



INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof., TAVIO., M.T., Ph.D  
DWI PRASETYA., S.T., M.T.,  
M.Sc

NAMA MAHASISWA

ANDRE BERNANDES  
3112100089

JUDUL GAMBAR

DETAIL POTONGAN  
PENULANGAN  
BALOK B2

SKALA

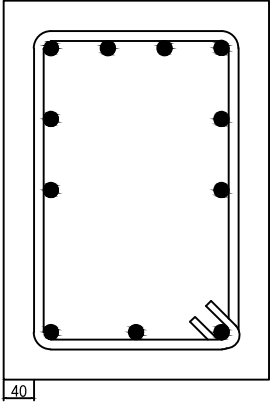
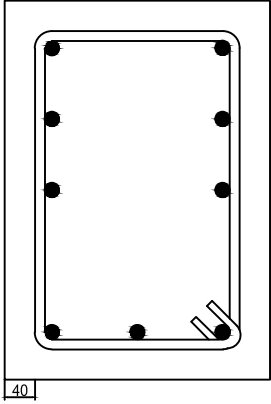
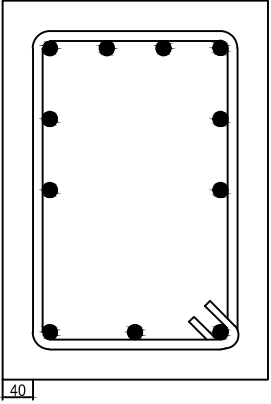
1:250

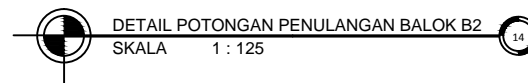
LEMBAR

JUMLAH  
LEMBAR

14

21

LABEL	POTONGAN A-A	POTONGAN B-B	POTONGAN C-C
PENAMPANG			
DIMENSI	350 x 500	350 x 500	350 x 350
TULANGAN TARIK	4 D19	3 D19	4 D19
TULANGAN TEKAN	3 D19	2 D19	3 D19
PENGKANG	2φ13-110	2φ13-110	2φ13-110
TULANGAN TORSI	4 D19	4 D19	4 D19





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof., TAVIO., M.T., Ph.D  
DWI PRASETYA., S.T., M.T.,  
M.Sc

NAMA MAHASISWA

ANDRE BERNANDES  
3112100089

JUDUL GAMBAR

KOLOM EKSTERIOR &  
INTERIOR

SKALA

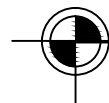
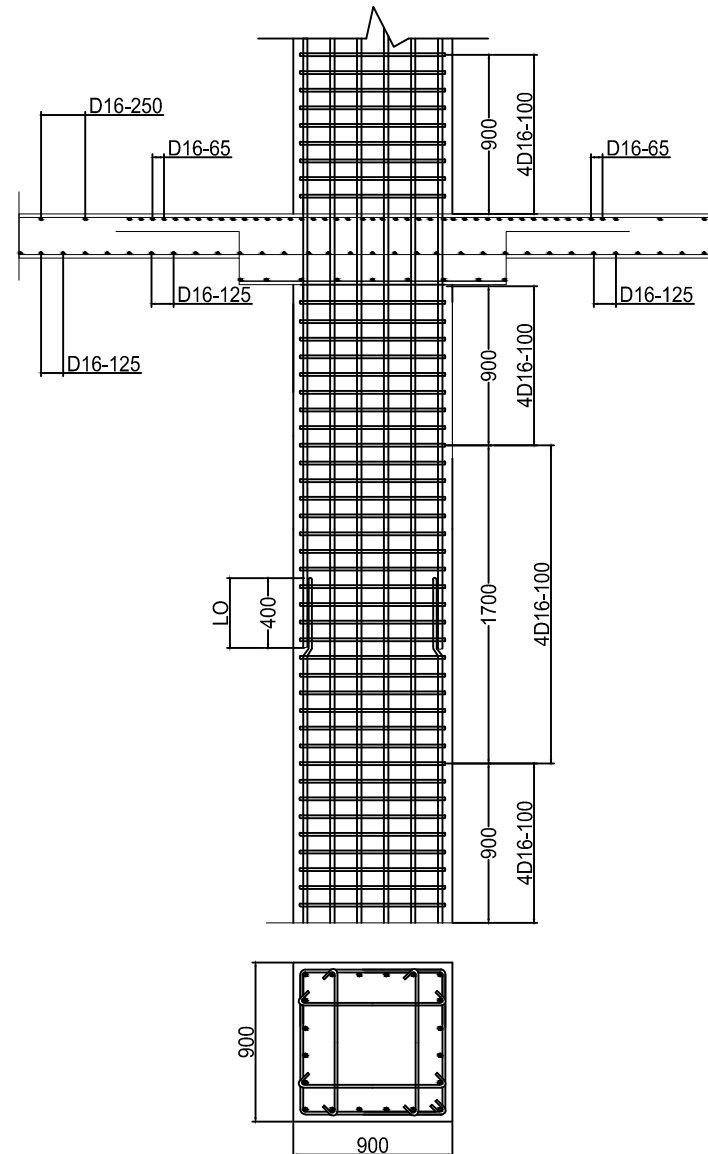
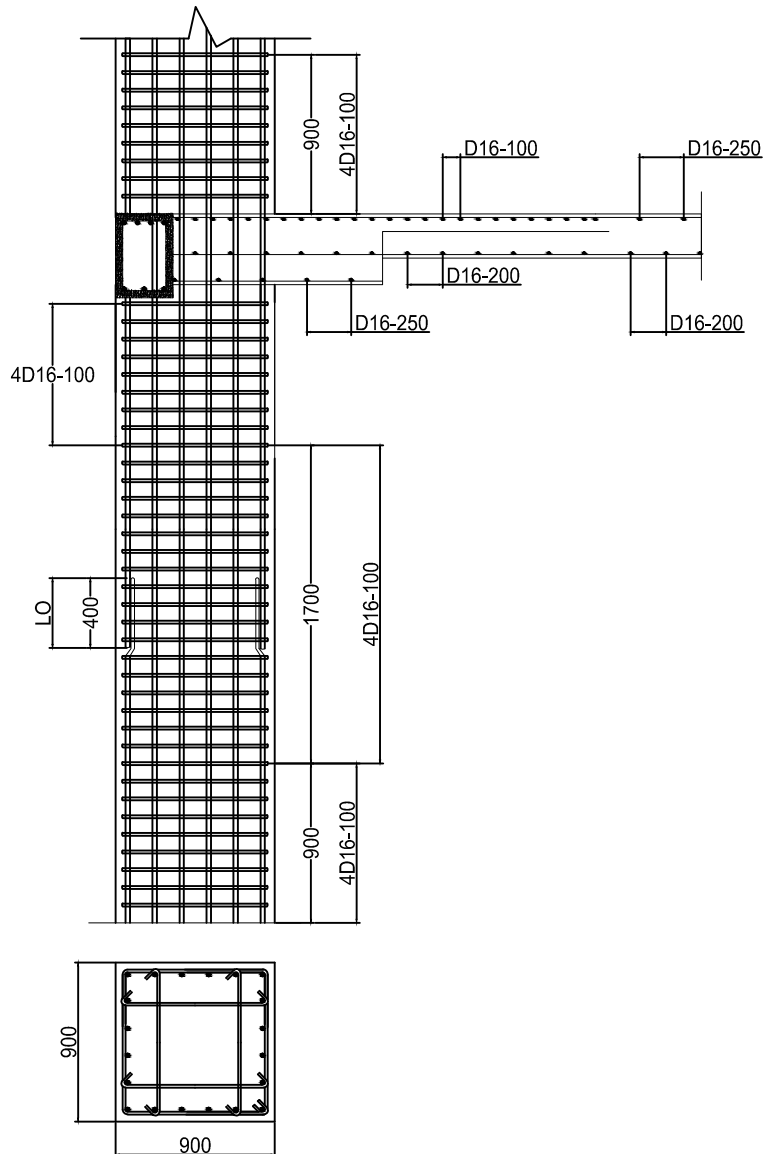
1:250

LEMBAR

15

JUMLAH  
LEMBAR

21



KOLOM EKSTERIOR DAN INTERIOR  
SKALA 1 : 250





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof., TAVIO., M.T., Ph.D  
DWI PRASETYA., S.T., M.T.,  
M.Sc

NAMA MAHASISWA

ANDRE BERNANDES  
3112100089

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN  
KOLOM

SKALA

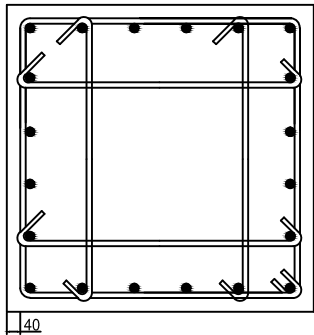
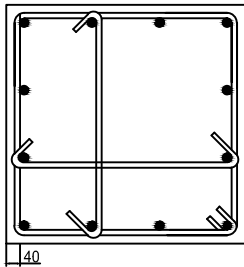
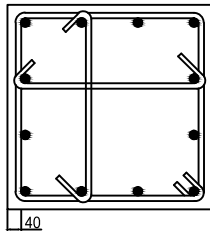
1:250

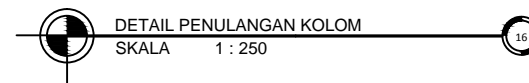
LEMBAR

JUMLAH  
LEMBAR

16

21

LABEL	K 90 x 90	K 70 x 70	K 60 x 60
PENAMPANG			
DIMENSI	900 x 900	700 x 700	600 x 600
TULANGAN UTAMA	20 D25	12 D25	12 D25
PENGKANG	4φ 16-100	3φ 16-100	3φ 16-100





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof., TAVIO., M.T., Ph.D  
DWI PRASETYA., S.T., M.T.,  
M.Sc

NAMA MAHASISWA

ANDRE BERNANDES  
3112100089

JUDUL GAMBAR

PENULANGAN TANGGA

SKALA

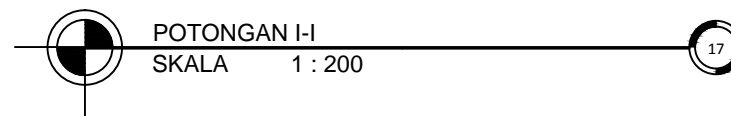
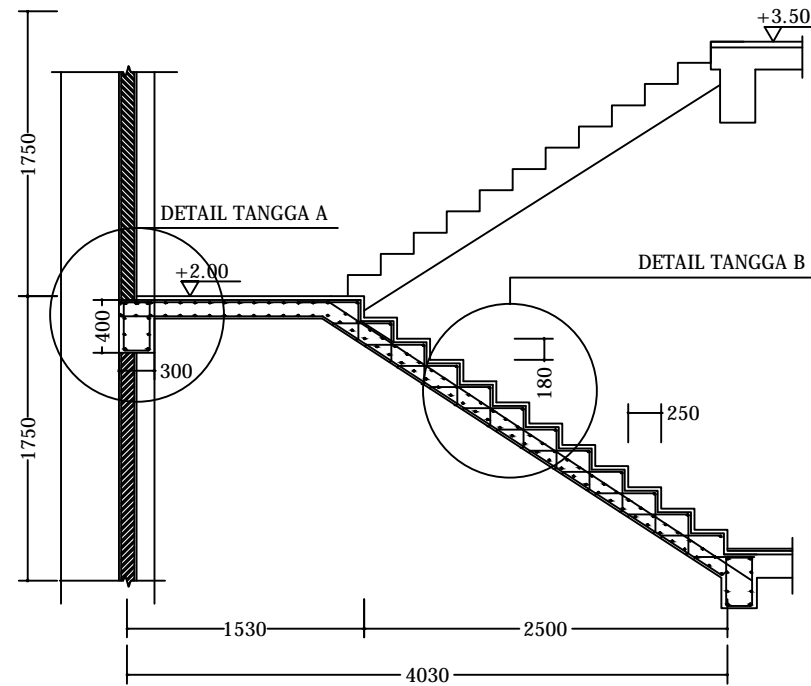
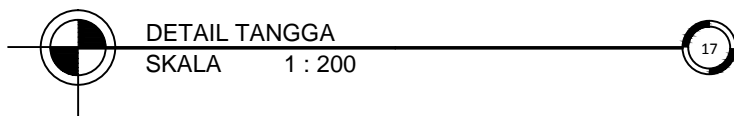
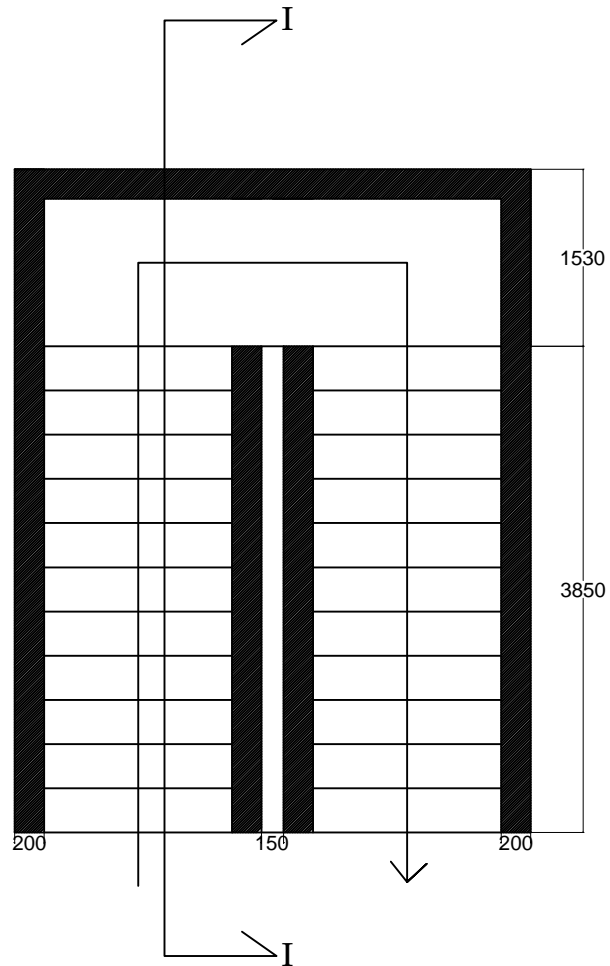
1:200

LEMBAR

17

JUMLAH  
LEMBAR

21





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof., TAVIO., M.T., Ph.D  
DWI PRASETYA., S.T., M.T.,  
M.Sc

NAMA MAHASISWA

ANDRE BERNANDES  
3112100089

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN  
TANGGA

SKALA

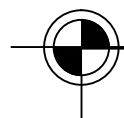
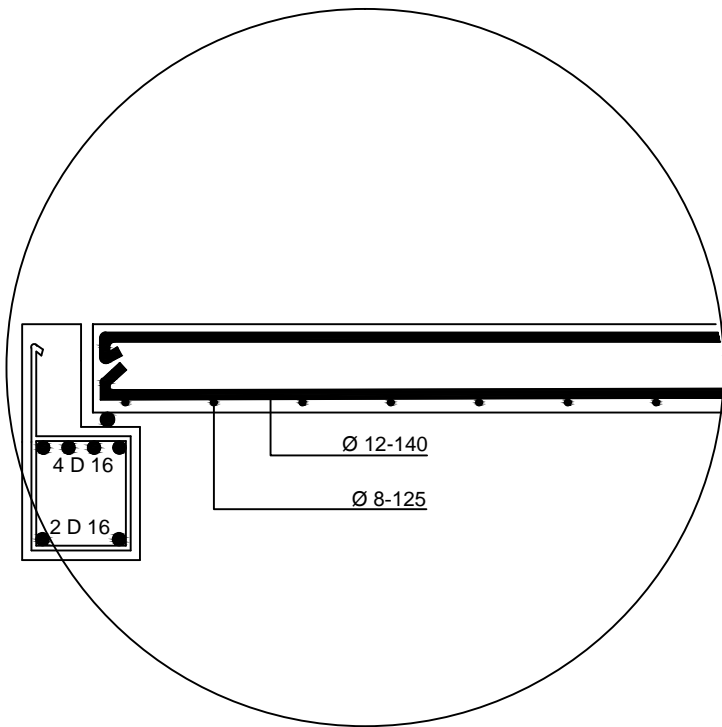
1:200

LEMBAR

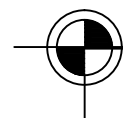
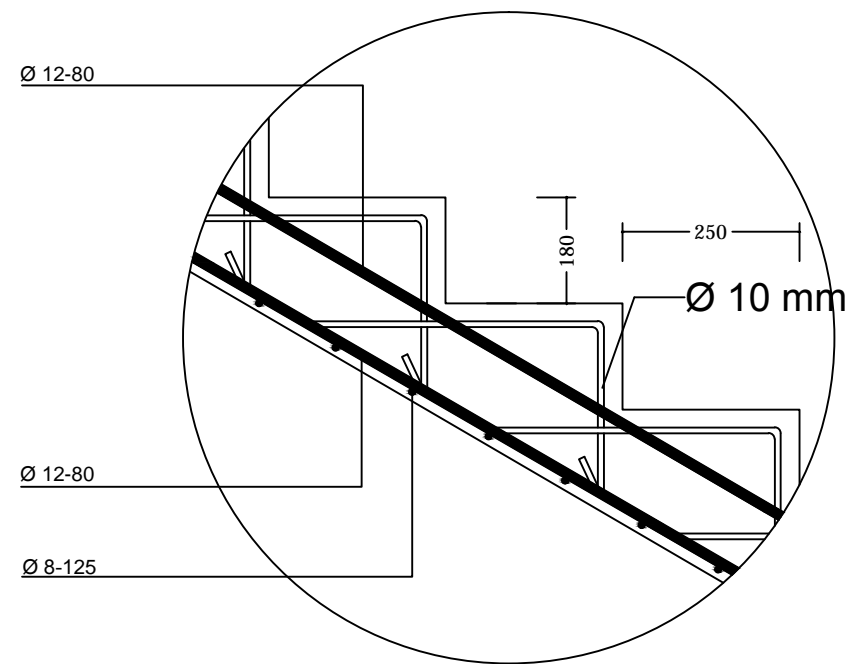
18

JUMLAH  
LEMBAR

21



DETAIL TANGGA A  
SKALA 1 : 200



DETAIL TANGGA B  
SKALA 1 : 200





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof., TAVIO., M.T., Ph.D  
DWI PRASETYA., S.T., M.T.,  
M.Sc

NAMA MAHASISWA

ANDRE BERNANDES  
3112100089

JUDUL GAMBAR

DENAH PILE CAP

SKALA

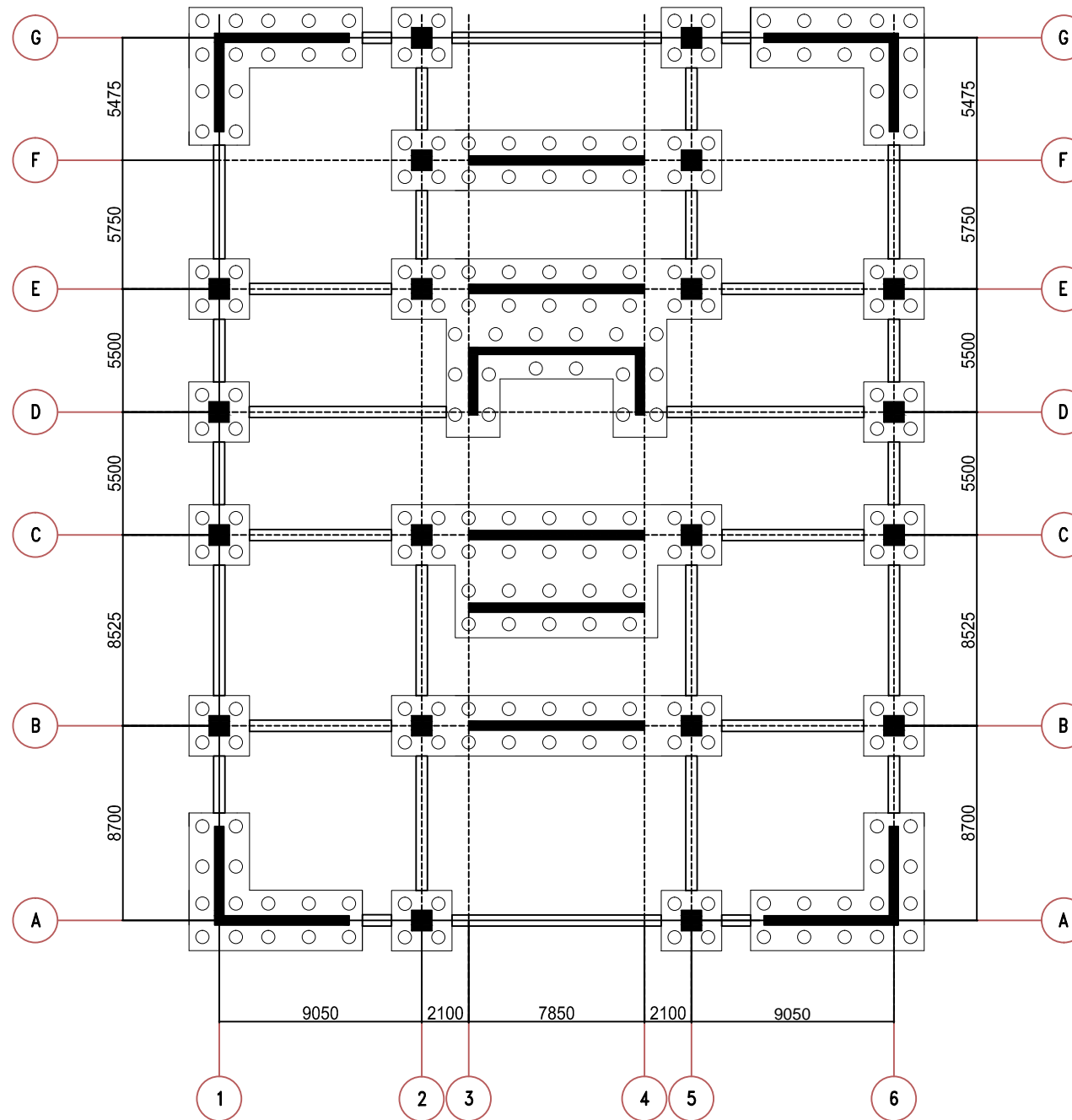
1:300

LEMBAR

19

JUMLAH  
LEMBAR

21



DENAH PILE CAP  
SKALA 1 : 300

19





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof., TAVIO., M.T., Ph.D  
DWI PRASETYA., S.T., M.T.,  
M.Sc

NAMA MAHASISWA

ANDRE BERNANDES  
3112100089

JUDUL GAMBAR

POTONGAN A-A  
KONFIGURASI PANCANG

SKALA

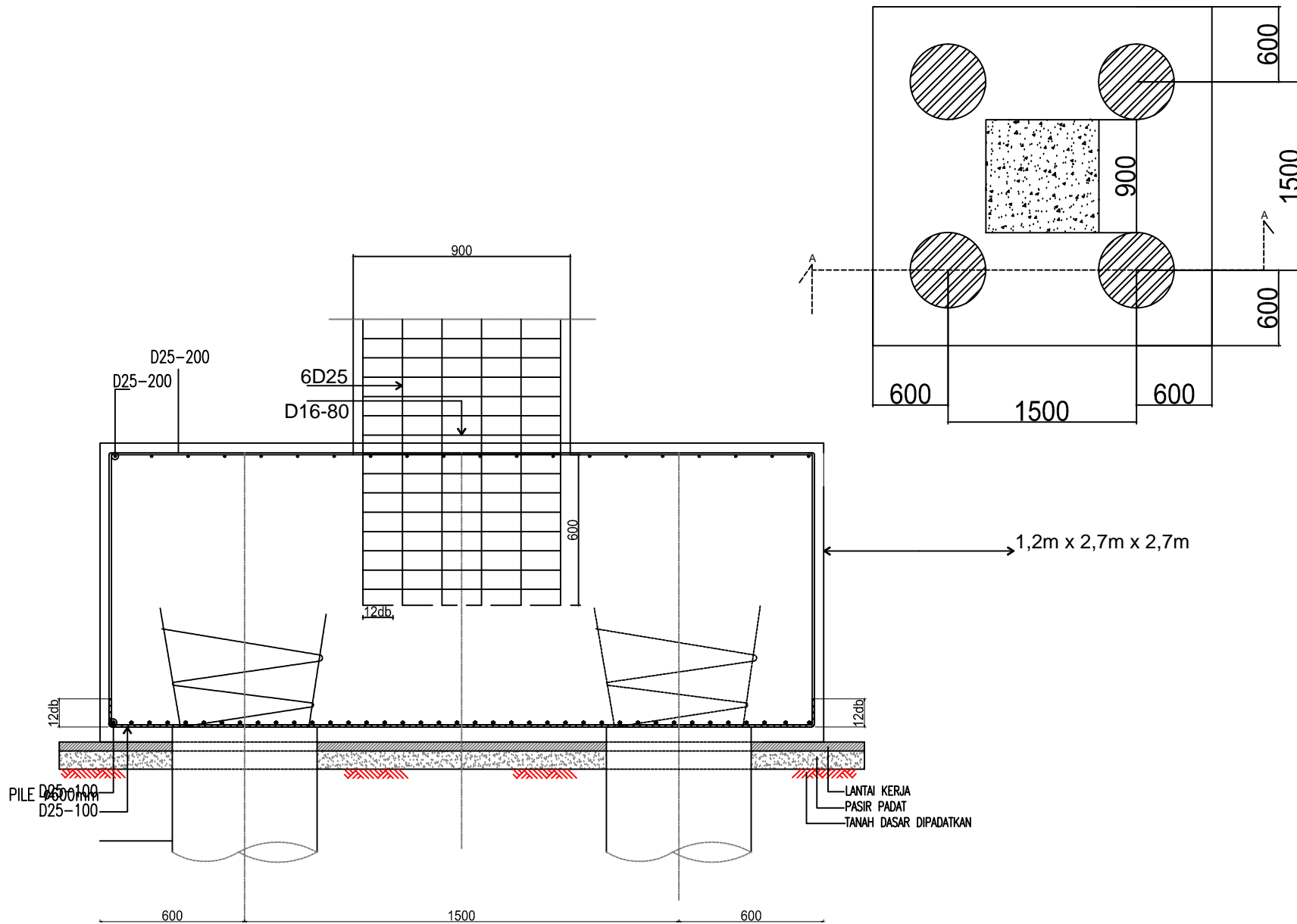
1 : 150

LEMBAR

JUMLAH  
LEMBAR

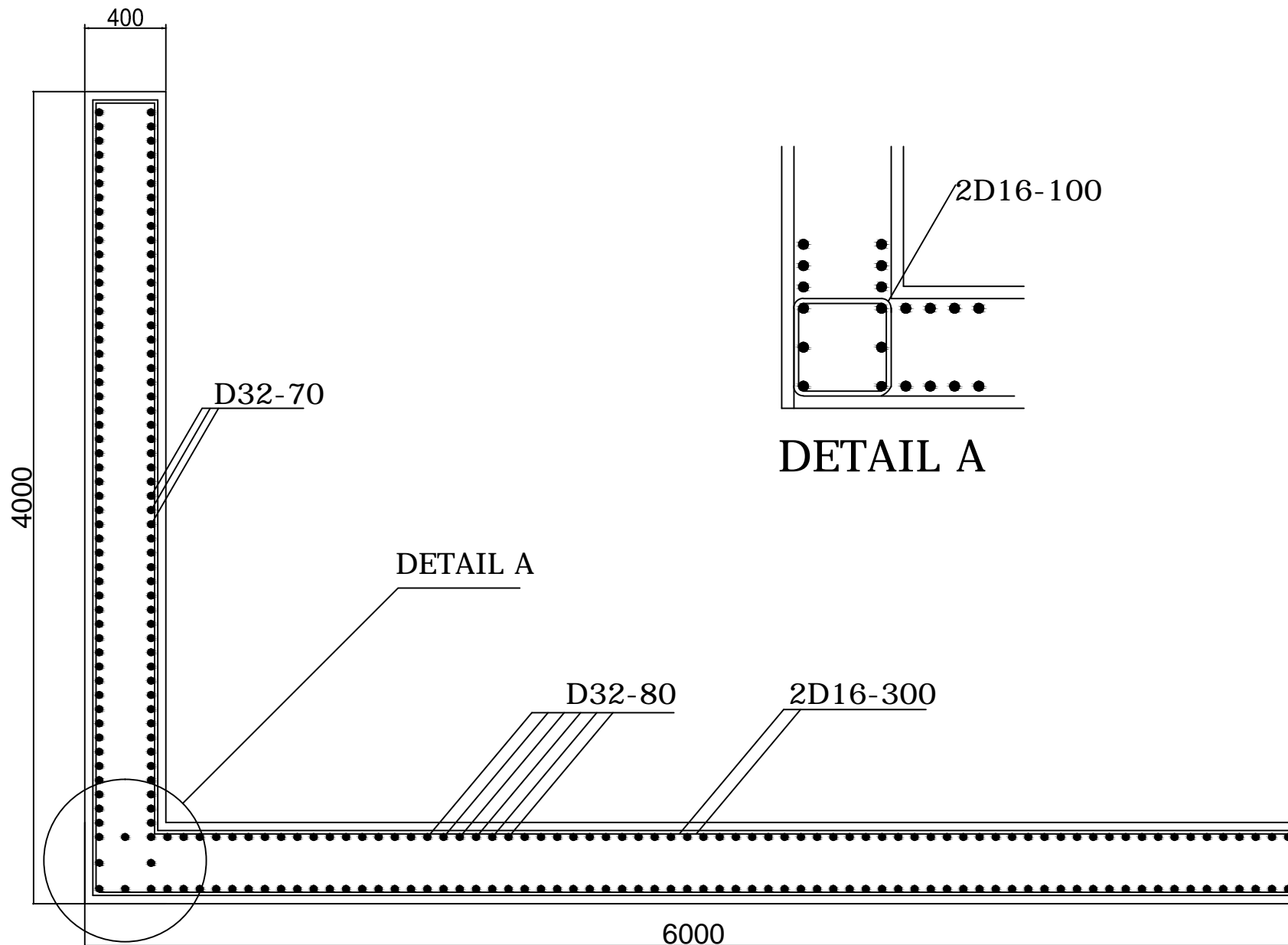
20

21



POTONGAN A-A KONFIGURASI TIANG  
SKALA 1 : 150





INSTITUT TEKNOLOGI  
SEPULUH NOPEMBER  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN  
PERENCANAAN  
JURUSAN TEKNIK SIPIL

JUDUL TUGAS

TUGAS AKHIR

DOSEN ASISTENSI

Prof., TAVIO., M.T., Ph.D  
DWI PRASETYA., S.T., M.T.,  
M.Sc

NAMA MAHASISWA

ANDRE BERNANDES  
3112100089

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN  
SHEAR WALL

SKALA

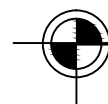
1:300

LEMBAR

21

JUMLAH  
LEMBAR

21



DETAIL PENULANGAN SHEARWALL  
SKALA 1:300



21

## **BAB IX PENUTUP**

### **9.1 Kesimpulan**

Kesimpulan yang dapat kami ambil dari keseluruhan hasil analisa yang telah dilakukan dalam penyusunan Tugas Akhir ini sebagai berikut :

1. Berdasarkan perancangan struktur yang dilakukan dalam Dimensi struktur utama didapatkan dari SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.2. Yang meliputi ketentuan tebal minimum balok non prategang dapat disesuaikan pada table 9.5(a) dan dimensi kolom yang didapat dari perhitungan sebesar 90/90 cm. Dimensi struktur sekunder didapatkan dari SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.2. Yang meliputi ketentuan tebal minimum balok non prategang dapat disesuaikan pada table 9.5(a). Sedangkan untuk dimensi pelat digunakan SNI 03-2847-2013 pasal 9.5.3.2 dengan melihat tabel 9.5(c). adapun hasil modifikasi sebagai berikut :

- Mutu Beton = 40 Mpa
- Mutu Baja = 400 Mpa
- Shear Wall = 420 Mpa
- Tinggi per Lantai
- Lantai 1 = 3,5 m
- Lantai 2-15 = 3 m
- Lantai 16 = 2,5 m
- Tinggi Total Bangunan = 48 m
- Struktur Sekunder
  - Dimensi balok bordes = 30/40 cm
  - Dimensi balok lift = 30/40 cm
  - Tebal pelat = 18 cm
- Struktur Primer
  - Dimensi Pelat = 9,05x8,7 m
  - Dimensi Drop Panel = 1,51x1,45 m
  - Tebal Drop Panel = 150 mm
  - Dimensi balok tepi = 35/50 cm
  - Dimensi kolom L.1-6 = 90x90 cm

Penulangan	= 20D25
▪ Dimensi kolom L.7-10	= 70x70 cm
Penulangan	= 16D25
▪ Dimensi kolom L.11-16	= 60x60 cm
Penulangan	= 16D25
▪ Pile cap	= 2,7x2,7x,1,2 m
▪ Tiang pancang	= D60
▪ Tebal shear wall	= 40 cm
Tulangan Vertikal	= D32-70
Tulangan Horizontal	= 2D16-300
Boundary Condition	= 2D16-100

1. Menganalisa gaya-gaya dalam struktur gedung menggunakan program SAP2000 dan CSI SAFE dengan memasukkan gaya-gaya yang bekerja pada pelat serta beban vertical dan horizontal.
2. Dengan struktur Flat Slab, gedung akan tampak tinggi karena tanpa adanya balok-balok, pemasangan ME akan sangat mudah dalam pemasangannya.
3. Struktur bawah bangunan terdiri dari 2 jenis pile cap, untuk pondasi kolom dan pondasi dinding structural.

## 11.2 Saran

Berdasarkan analisa selama proses penyusunan tugas akhir ini, beberapa saran yang dapat penulis sampaikan adalah Masih perlu lagi pengembangan teknologi Pracetak agar lebih efisien lagi dalam penggunaannya, serta lebih mudah dalam pengaplikasiannya.

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut perihal pengembangan teknologi flat slab agar lebih efisien dalam penggunaannya, sehingga para pelaku dunia konstruksi lebih mudah dalam mengaplikasikan metode flat slab.
2. Perlu dilakukan studi yang lebih mendalam untuk perancangan struktur dengan sistem flat slab agar menghasilkan perencanaan struktur dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi,

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2013. **SNI 03-2847-2013 Tata cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung**. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. **SNI 03-1726-2012 Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung**. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional. 2013. **SNI 03-2847-2013 Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung**. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- Badan Standardisasi Nasional. 2012. **SNI 03-1727-2012 Tata Cara Perhitungan Pembebanan Untuk Bangunan Gedung**. Jakarta : Badan Standardisasi Nasional
- Purwono, Rachmat. 2006. **Perencanaan Struktur Beton Bertulang Tahan Gempa**. Surabaya : ITS Press
- Nawy, Edward G. 2006. **Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar**. Surabaya : ITS Press
- Wahyudi, Herman. 1999. **Daya Dukung Pondasi Dalam**, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.
- Nawy, Erdward G. 1998. **Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar** Diterjemahkan : Bambang Suryoatmono. Bandung : PT Rafika Aditama.

**“ Halaman ini sengaja dikosongkan “**



## **BIODATA PENULIS**

Penulis yang bernama lengkap Andre Bernandes ini dilahirkan di kota Jakarta pada tanggal 12 November 1994. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Cakung Timur 04 Pagi Jakarta, SMPN 234 Jakarta, SMAN 89 Jakrta. Lulus

dari SMA, penulis kemudian melanjutkan pendidikan program sarjana (S1) di Jurusan Teknik Sipil ITS pada tahun 2012 melalui jalur SNMPTN Tulis dan terdaftar dengan NRP 3112100089.

Penulis sangat berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca serta bagi penulis sendiri. Apabila pembaca ingin berkorespondensi dengan penulis, dapat melalui email:

**andrebernandes@yahoo.com**